

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Gas sensor especially air/fuel ratio sensor for an automobile engine

AI

Patent number: DE19860104

Publication date: 1999-07-01

Inventor: MIZOGUCHI TOMOMICHI (JP); HASEGAWA JUN (JP); TAKAMI MASAYUKI (JP); YAMASHITA YUKIHIRO (JP)

Applicant: DENSO CORP (JP)

Classification:

- international: G01N27/14; F02D45/00

- european: F02D41/14D11B; G01N27/407B

Application number: DE19981060104 19981223

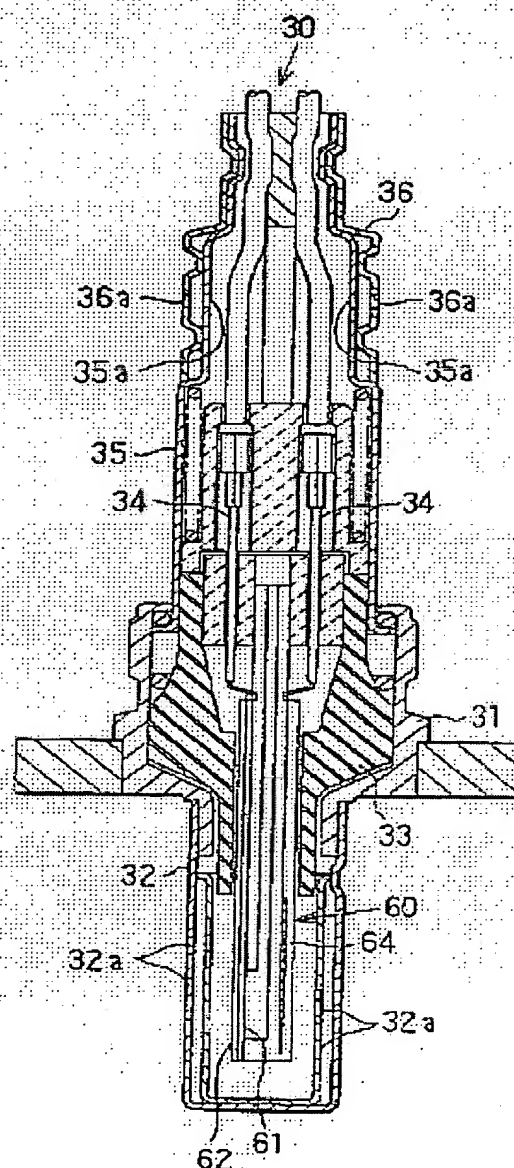
Priority number(s): JP19970358524 19971225; JP19970358525 19971225

Also published as:

US6258232 (B1)

Abstract of DE19860104

Current supply to a heater (64), used to heat a solid electrolyte sensor element (60) of a gas sensor (30), is controlled according to the temperature increase rate. A gas component concentration measuring unit comprises a sensor (30) with a solid electrolyte sensor element (60) heated by an electric heater (64), the current supply of which is controlled by a heater control unit in accordance with the temperature rise rate of the sensor element (60). Independent claims are also included for the following: (i) a similar unit in which the current supply to the heater (64) is compensated according to the duration between the cold state and the activated state of the sensor (30); (ii) a similar unit for an engine, in which a voltage is applied to a resistance dominant region of the sensor on fuel interruption in order to determine the internal resistance of the sensor from the resulting current, the current supply to the heater being compensated according to this internal resistance; and (iii) a similar unit for an engine, in which current supply to the heater is compensated in dependence on the heater current supply quantity during a constant state of the engine and a predetermined standard value of the heater current supply quantity.





AL

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

DE 198 60 104 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 N 27/14
F 02 D 45/00

⑦1 Aktenzeichen: 198 60 104.2
⑦2 Anmeldetag: 23. 12. 98
④3 Offenlegungstag: 1. 7. 99

DE 198 60 104 A 1

③0 Unionspriorität:

P 9-358524 25. 12. 97 JP
P 9-358525 25. 12. 97 JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

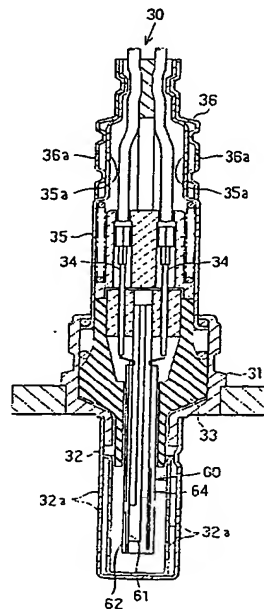
⑦2 Erfinder:

Hasegawa, Jun, Kariya, Aichi, JP; Yamashita, Yukihiro, Kariya, Aichi, JP; Mizoguchi, Tomomichi, Kariya, Aichi, JP; Takami, Masayuki, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung zur Messung einer Gaskomponentenkonzentration

⑤7 Ein Sensorelement (60) eines A/F-Sensors (30) ist so aufgebaut, daß ein Festelektrolyt und ein Heizgerät (64) laminiert und integriert sind. Der A/F-Sensor (30) gibt ein lineares A/F-Erfassungssignal ab, das proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas ist, wenn eine Spannung angelegt wird. Eine ECU (20) steuert das Heizgerät (64) durch die Heizgerätesteuerschaltung (25), um das Sensorelement (60) auf eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur zu halten. Die ECU (20) umfaßt einen Elementewiderstand auf der Grundlage der Spannung, die an das Sensorelement (60) angelegt wird, und eines Sensorstromes, der durch das Anlegen der Spannung hervorgerufen wird, und wandelt den Elementewiderstand auf eine Elementetemperatur um. Während der Temperaturzunahme des A/F-Sensors (30) wird die Stromlieferung an das Heizgerät (64) leistungsgesteuert in Abhängigkeit von der Elementetemperaturänderungsrate (der Temperaturänderungsrate des Sensorelementes (60)). Demgemäß werden die Temperaturzunahmekennlinien des Sensors (30) zufriedenstellend aufrechterhalten und Nachteile, wie ein Elementebbruch, werden verhindert.



DE 198 60 104 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Gaskomponentenkonzentrationsmeßvorrichtung und insbesondere auf eine Gaskomponentenkonzentrationsmeßvorrichtung zur Erfassung einer Sauerstoffkonzentration in zu messenden Gasen, wie beispielsweise Abgasen eines Motors.

In einem Fahrzeugmotor wird beispielsweise im allgemeinen die Luft-/Kraftstoffverhältnissteuerung basierend auf einem Erfassungsergebnis einer Sauerstoffkonzentration (oder ein Luft-/Kraftstoffverhältnis) mittels eines Sauerstoffkonzentrationsensors ausgeführt. Dieser Sauerstoffkonzentrationsensor hat ein Festelektrolyt, das aus Zirkonerde hergestellt ist, und die Temperatur des Sensorelementes (oder des Festelektrolyts) muß bei einer vorbestimmten Aktivierungstemperatur gehalten werden, um die Sauerstoffkonzentration (oder das Luft-/Kraftstoffverhältnis) präzise mit dem Festelektrolyt zu erfassen. Üblicherweise ist ein Heizgerät an dem Sensor befestigt, um dadurch dessen Aktivierung zu steuern. Ein Verfahren für diese Steuerung des Heizgerätes, das an sich bekannt ist, dient dazu, die elektrische Leistung, die an das Heizgerät geleitet werden soll, zu steuern, oder die Temperatur des Sensorelementes auf eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur zu regeln (mit Rückkopplung).

In dem oben beschriebenen Stand der Technik ist es jedoch wünschenswert, daß das Sensorelement (oder das Festelektrolyt) beispielsweise bei einem Kaltstart des Motors so früh wie möglich vom kalten Zustand aus erwärmt wird. Wenn die Temperatur des Sensorelementes schnell erhöht wird, können andererseits gewisse Nachteile durch eine solche schnelle Temperaturzunahme hervorgerufen werden, wie beispielsweise, daß ein Element oder das Heizgerät bricht oder die verklebten Seiten des Elements und des Heizgerätes voneinander getrennt werden.

Ferner besteht in den letzten Jahren eine Tendenz, daß eine Regulierung der Abgaskomponente des Motors mehr und mehr vom Standpunkt des Umweltschutzes aus intensiviert wird und es wurde der Wunsch deutlich, die Erfassungsgenauigkeit und die Haltbarkeit des Sauerstoffkonzentrationsensors zu verbessern. Gemäß dem vorbeschriebenen Stand der Technik verschlechtern jedoch die individuellen Unterschiede oder Alterungen der einzelnen Sensoren die Sensorgenaugkeit. Dieses Problem wird durch ein Übermaß oder einen Mangel an Heizkraft des Heizgerätes hervorgerufen, die zur Aufrechterhaltung des Sensoraktivierungszustandes notwendig ist. Mit anderen Worten, wenn das Heizgerät eine schlechte Heizkraft hat, kann der gewünschte Sensoraktivierungszustand nicht aufrechterhalten werden und die Sensorerfassungsgenauigkeit verschlechtert sich. Andererseits schädigt eine übermäßige Heizkraft das Sensorelement oder das Heizgerät.

Die vorliegende Erfindung wurde im Lichte der vorgenannten Probleme durchgeführt und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Gaskomponentenkonzentrationsmeßvorrichtung zu schaffen, die die Sensoreigenschaften bei einer Temperaturzunahme aufrechterhält und das Problem wie beispielsweise den Elementenbruch reduziert.

Es ist darüber hinaus ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Gaskomponentenkonzentrationsmeßvorrichtung zu schaffen, die die Erfassungsgenauigkeit und die Haltbarkeit durch Steuerung des Heizgerätes in einem System verbessert, das den Sensoraktivierungszustand mit der Wärme des Heizgerätes hält.

Die Gaskomponentenkonzentrationsmeßvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung enthält folgende Bauteile: einen Sensor zur Messung der Konzentration einer spezifischen Gaskomponente, der ein Sensorelement enthält, das

aus einem Festelektrolyt hergestellt ist; ein Heizgerät zum Aufheizen des Sensorelementes auf eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur, wenn es durch eine Leistungsversorgungsspannung aktiviert wird; und einen Heizgerätestromkreis zur Steuerung der Stromversorgungsgröße an das Heizgerät in Abhängigkeit von der Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes.

Demgemäß kann die übermäßige Temperaturzunahme des Sensorelementes durch Steuerung des Heizgerätestroms während einer Überwachung der Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes unterdrückt werden. Durch Überwachen der Temperaturzuwachsrate wird darüber hinaus eine schnelle Aktivierung des Sensors erzielt. Folglich werden die Sensoreigenschaften bei einer Temperaturzunahme zufriedenstellend aufrechterhalten und Nachteile wie der Elementenbruch werden verhindert.

Die Erfindung hat besonders bei einem Sensor der laminierten Bauart, bei dem das Heizgerät auf das Sensorelement, das das Festelektrolyt hat, laminiert wird, wodurch das Festelektrolyt und das Heizgerät vereint werden, einen fördernden Effekt. Genauer gesagt kann der Sensor der laminierten Bauart Probleme hervorrufen wie beispielsweise einen Elementenbruch oder einen Bruch des Heizgerätes, weil das Festelektrolyt und das Heizgerät eng aneinander angeordnet sind. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden solche Probleme jedoch verhindert.

Die "Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes" stellt eine Geschwindigkeit der Temperaturzunahme des Festelektrolyts oder des Heizgerätes dar. Um die Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes zu steuern, kann der Heizgerätestrom gemäß der Änderungsrate der Elementtemperatur oder des Elementwiderstandes gesteuert werden.

Um die Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes zu steuern, kann der Heizgerätestrom gemäß der Differenz zwischen der Elementtemperatur und der Heizgerätemperatur gesteuert werden.

Um die Temperaturzuwachsrate des Sensorelementes zu steuern, kann der Heizgerätestrom gemäß der Änderungsrate der Heizgerätemperatur oder des Heizgerätwiderstandes gesteuert werden.

Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung sind folgende Bauteile enthalten: ein Sensor, der ein Sensorelement enthält, das aus einem Festelektrolyt hergestellt ist, zur Messung der Konzentration einer spezifischen Gaskomponente; und ein Heizgerät zur Erzeugung einer Wärme, wenn ein Strom durch eine Stromquelle geliefert wird. Das Sensorelement wird durch Liefern des Stroms an das Heizgerät auf eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur erhitzt. Das Liefern von Strom an das Heizgerät wird in Abhängigkeit von einer Dauer vom Kaltzustand zum Aktivierungszustand des Sensors ausgeglichen.

Demgemäß ist es möglich, die Stromversorgung des Heizgerätes zu steuern, während die individuelle Unterschiedlichkeit und das Altern des Sensors berücksichtigt wird. Deshalb wird die Steuerungsgenauigkeit verbessert. Kurz gesagt, wenn der Sensor geschädigt ist, differieren die Elementtemperaturen (oder die Temperatur des Festelektrolyts) vor und nach der Schädigung sogar bei einer identischen Heizgerätestromsteuerung. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird andererseits eine unerwartete Schwankung der Elementtemperatur reduziert. Folglich wird das Heizgerät gesteuert, um die Erfassungsgenauigkeit und die Haltbarkeit des Sensors zu verbessern.

Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden ebenso wie die Betriebsverfahren und die Funktion der dazugehörigen Teile anhand des Studiums der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der beigefügten Ansprüche und der Zeichnungen, die alle einen Teil dieser

Anmeldung bilden, deutlich. In den Zeichnungen wird folgendes gezeigt:

Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm, das die Gesamtkonstruktion eines Luft-/Kraftstoffverhältnissteuersystems gemäß dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht, die den Gesamtaufbau eines Λ/Γ -Sensors in den ersten bis dritten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 3 ist eine Schnittansicht, die ein Sensorelement der ersten bis dritten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 4 ist eine perspektivische Explosionsdarstellung, die die einzelnen Bauteile eines Sensorelementes der ersten bis dritten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 5 ist ein Diagramm der Spannungs-Stromkennkurven des Λ/Γ -Sensors der ersten bis dritten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist ein Graph, der ein Verhältnis, zwischen dem Grenzstrom und dem Luft-/Kraftstoffverhältnis des Λ/Γ -Sensors der ersten bis dritten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 7 ist ein elektrisches Schaltbild, das einen detaillierten Aufbau einer Vorspannungssteuerschaltung im ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 8 ist ein elektrisches Schaltbild, das einen detaillierten Aufbau eines Heizgerätesteuerkreises gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Die Fig. 9A bis 9C sind Zeitablaufdiagramme zur Erläuterung der Vorgänge einer Luft-/Kraftstoffverhältniservassungsvorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 10 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Hauptroutine eines Mikrocomputers in der Luft-/Kraftstoffverhältniservassungsvorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 11 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Λ/Γ -Erfassungsroutine gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 12 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Erfassungsroutine eines Elementewiderstandes ZAC gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 13 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steueroutine eines Heizgerätestroms gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 14 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine einer Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 15 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine des Elementwiderstandes ZAC gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 16 ist ein Wellenformdiagramm, das eine Sensorspannung und einen Sensorstrom zur Zeit der Erfassung des Elementwiderstandes ZAC gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 17 ist ein Graph, der ein Verhältnis zwischen dem Elementwiderstand ZAC und einer Elementtemperatur T_s gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Die Fig. 18A bis 18D sind Diagramme zur Erfassung der Kompensationswerte FK1 bis FK4 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 19 ist ein Ablaufdiagramm, das eine erste Lernroutine gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegen-

den Erfindung zeigt.

Fig. 20 ist ein Ablaufdiagramm, das eine zweite Lernroutine gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 21 ist ein Ablaufdiagramm, das eine dritte Lernroutine gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Die Fig. 22A bis 22C sind Diagramme zur Bestimmung der Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Die Fig. 23A bis 23F sind Zeitablaufdiagramme, die ein Verhalten einer Aktivierungsbestimmung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigen.

Fig. 24 ist ein Graph, der ein Verhältnis zwischen einer angelegten Spannung V_f und einem Sensorstrom I_f bei einer Rückkopplungsregelung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Die Fig. 25A bis 25D sind Zeitablaufdiagramme zur Erläuterung der Vorgänge gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 26 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steueroutine für einen Heizgerätestrom gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 27 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine für eine Temperaturdifferenz ΔT_{hs} gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 28 ist ein Graph, der ein Verhältnis zwischen einem Heizgerätestrom R_h und einer Heizgerätestemperatur T_h gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Die Fig. 29A bis 29C sind zeitliche Ablaufdiagramme zur Erläuterung der Vorgänge gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 30 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steueroutine für einen Heizgerätestrom gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 31 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine für eine Heizgerätestromänderungsrate ΔR_h gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 32 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine für einen Heizgerätestrom R_h gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Die Fig. 33A und 33B sind Diagramme zum Einstellen eines Soll-Wertes ΔT_{sref} einer Elementtemperaturänderungsrate gemäß einer Elementtemperatur T_s in einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 34 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Rückkopplungsregelungsroutine für einen Heizgerätestrom W_h gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 35 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Erfassungsroutine eines Elementwiderstandes R_i gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen wird nun ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Eine Luft-/Kraftstoffverhältniservassungsvorrichtung in diesem Ausführungsbeispiel wird auf einen elektronisch gesteuerten Benzineinspritzmotor angewandt, der in ein Fahrzeug eingebaut werden soll. In einem Luft-/Kraftstoffverhältnissteuersystem des Motors wird ein Kraftstoffeinspritzbetrag des Motors für ein gewünschtes Luft-/Kraftstoffverhältnis auf der Grundlage des

erfaßten Ergebnisses durch die Luft-/Kraftstoffverhältniserfassungsvorrichtung gesteuert. Hier erfolgt eine detaillierte Beschreibung einer Luft-/Kraftstoffverhältnis (A/F)-Erfassungsroutine unter Verwendung eines Luft-/Kraftstoffverhältnissensors (A/F-Sensors) und einer Heizgerätestromsteuerroutine für ein Heizgerät, das an dem A/F-Sensor befestigt ist.

In Fig. 1 ist eine Luft-/Kraftstoffverhältniserfassungsvorrichtung 15 mit einem Mikrocomputer ausgerüstet (im folgenden wird darauf kurz als "ECU" bezug genommen) 20 als dessen Pivotal-Komponente für innere Vorgänge. Diese ECU 20 ist für bidirektionale Verbindungen mit einer Motorsteuerung ECU 16 zum Verwirklichen von Steuerungen für die Kraftstoffeinspritzung oder die Zündung verbunden. Ein Luft-/Kraftstoffverhältnissensor der Grenzstrombauart (im nachfolgenden wird darauf als "A/F-Sensor" bezug genommen) 30 ist auf einem Abgasrohr 12 befestigt, das von dem Motorblock 11 eines Motors 10 kommt, so daß er ein lineares A/F-Erfassungssignal (oder ein Sensorstromsignal) proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas in Abhängigkeit von der Anlegung einer Spannung, wie sie von der ECU 20 angeordnet wird, abgeben kann.

Die ECU 20 ist so aufgebaut, daß sie eine CPU, ein ROM und ein RAN, die aus dem Stand der Technik gut bekannt sind, enthält, zur Durchführung verschiedener Operationen. Sie steuert einen Vorspannungssteuerkreis 40 und einen Heizgerätesteuerkreis 25, wie später genauer beschrieben wird, gemäß einem vorgegebenen Steuerprogramm. Die ECU 20 wird mit der Leistung einer Batteriestromquelle +B gestartet und ist mit einem Sicherungsspeicher 20a (back-up memory) ausgerüstet, zum Halten des gespeicherten Inhalts, sogar wenn die elektrische Stromversorgung unterbrochen wird (d. h., wenn IG = AUS).

Der A/F-Sensor 30 ist mit einem Sensorelement (oder Zelle) 60 der laminierten Bauart ausgerüstet, wie unter Bezugnahme auf die Fig. 2 bis 4 beschrieben wird.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, hat der A/F-Sensor 30 ein zylindrisches Metallgehäuse 31, das in die Wand des Abgasrohrs eingeschraubt wird, und eine Elementenabdeckung 32 ist auf der Öffnung an der unteren Seite des Gehäuses 31 befestigt. In der Elementenabdeckung 32 ist ein Führungsende (oder ein unteres Ende) des Sensorelementes 60 angeordnet, das die Gestalt einer langen Platte hat. Die Elementenabdeckung 32 ist in einer Konstruktion mit doppeltem Bodenaufbau hergestellt, der eine Vielzahl an Abgasöffnungen 32a zum Einführen des Abgases in die Elementenabdeckung 32 hat.

Das Sensorelement 60 erstreckt sich durch ein Isolierbauteil 33, das in dem Gehäuse 31 angeordnet ist, nach oben, und sein oberer Endabschnitt ist mit einem Paar Anschlußdrähte 34 verbunden.

Das obere Ende des Gehäuses 31 ist mit einer Körperabdeckung 35 verstemmt. Darüber befindet sich eine Staubabdeckung 36, so daß der obere Sensorabschnitt durch die Doppelkonstruktion dieser Körperabdeckung 35 und der Staubabdeckung 36 geschützt ist. In diesen Abdeckungen 35 und 36 sind jeweils Vielzahlen von Luftöffnungen 35a und 36a zur Einführung der Umgebungsluft in die Abdeckungen ausgebildet.

Als nächstes wird die Konstruktion des Sensorelements 60 unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 beschrieben. Das Sensorelement 60 ist so aufgebaut, daß es ein Festelektrolyt 61, eine Gasdiffusionswiderstandsschicht 62, eine Atmosphäreneinführungsleitung 63 und ein Heizgerät 64, das grob unterteilt ist, enthält, wobei diese laminiert sind. Diese Komponenten sind in einer Schutzschicht 65 eingeschlossen.

Das streifenförmige Festelektrolyt 61 ist aus einem Blatt

aus teilweise stabilisierter Zirkonerde hergestellt und auf seiner Oberseite (die auf der Seite der Gasdiffusionswiderstandsschicht 62 angeordnet ist) mit einer porösen Meßelektrode 66 aus Platin oder dergleichen, und auf dessen Unterseite (die sich auf der Seite der Atmosphäreneinführungsleitung 63 befindet) mit einer porösen Atmosphärenelektrode 67 aus Platin oder dergleichen durch Siebdruck bedruckt. Die Meßelektrode 66 und die Atmosphärenelektrode 67 sind mit Anschlußdrähten 66a und 67a verbunden.

Die Gasdiffusionswiderstandsschicht 62 ist aus einer gasdurchlässigen Schicht 62a gebildet, die aus einem porösen Blatt hergestellt wird, zum Einleiten des Abgases in die Meßelektrode 66, und aus einer Gasabschirmschicht 62b, die aus einer dichten Schicht hergestellt ist, zum Unterdrücken des Eindringens von Abgas. Sowohl die gasdurchlässige Schicht 62a als auch die Gasabschirmschicht 62b sind aus Keramiken oder Aluminiumoxid, Spinell oder Zirkonerde blattförmig geformt und mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten in Abhängigkeit vom Durchschnittdurchmesser und der Porosität ausgestattet.

Die Atmosphäreneinführungsleitung 63 ist aus hochthermischen leitfähigen Keramiken wie Aluminiumoxid hergestellt, um eine Atmosphärenkammer 68 zu bilden. Die Atmosphäreneinführungsleitung 63 spielt eine Rolle zur Einführung der Atmosphäre in die Atmosphärenelektrode 67 in der Atmosphärenkammer 68. Hier hat diese Atmosphärenkammer 68 eine Verbindung mit den Luftöffnungen 35a und 36a der Abdeckungen 35 und 36, wie in Fig. 2 gezeigt ist.

Auf der Unterseite der Atmosphäreneinführungsöffnung 63 ist das Heizgerät 64 befestigt. Dieses Heizgerät 64 ist aus einem Heizelement 64a zur Erzeugung einer Wärme, wenn es durch die Batteriestromversorgung +B aktiviert ist, und aus einem Isolierblatt 64b, das das Heizelement 64a abdeckt, zusammengesetzt. Anschlußdrähte 64c sind mit den zwei Enden des Heizelementes 64a verbunden. Jedoch sollte die Erfindung nicht auf die Konstruktion gemäß Fig. 3 beschränkt sein, sondern seine Konstruktion könnte so abgewandelt werden, daß das Heizelement 64a in dem Festelektrolyt 61 eingebettet ist, oder so, daß das Heizelement 64a in der Gasdiffusionswiderstandsschicht 62 eingebettet ist.

Hier in dem Sensorelement 60 geht das Abgas zum Erreichen der Meßelektrode 66 nicht senkrecht durch die gasdurchlässige Schicht 62 (oder in Längsrichtung der Zeichnungen), sondern parallel zur gasdurchlässigen Schicht 62a, mit anderen Worten, die Oberfläche dieser gasdurchlässigen Schicht 62a ist mit der Gasabschirmschicht 62b so bedeckt, daß das Abgas nicht in der Vertikalrichtung, sondern in der Horizontalrichtung die gasdurchlässige Schicht 62a durchdringen kann. In diesem Fall hängt die Menge der Gasdiffusion in der gasdurchlässigen Schicht 62a von der Querabmessung ab (d. h. der Abstand zwischen der seitlichen Seite der gasdurchlässigen Schicht 62a und der Meßelektrode 66). Da diese Größe leicht und frei gewählt und eingestellt werden kann, kann jedoch ein homogene und stabile Sensorausgangsleistung erhalten werden, sogar bei einer gestreuten Porosität der gasdurchlässigen Schicht 62a.

In dem so konstruierten A/F-Sensor 30 erzeugt das Sensorelement 60 einen Grenzstrom in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration in einem Bereich, der magerer als das stöchiometrische Luft-/Kraftstoffverhältnis ist. In diesem Fall kann das Sensorelement 60 (oder das Festelektrolyt 61) die Sauerstoffkonzentration mit den linearen Kennkurven erfassen. Da für die Aktivierung des Sensorelements 60 eine Temperatur von ungefähr 600°C oder mehr erforderlich ist, und da dieses Sensorelement 60 einen engen Bereich für die Aktivierungstemperatur hat, kann der aktive Zustand nicht lediglich durch den Erwärmungsvorgang des Abgases des Motors 10 aufrechterhalten werden. Deshalb wird das

Sensorelement 60 mittels der Heizsteuerung des Heizgerätes 64 (oder des Heizelements 64a) innerhalb des Aktivierungstemperaturbereiches gehalten. Hier, in einem Bereich, der fetter als das stöchiometrische Luft-/Kraftstoffverhältnis ist, ändert sich die Konzentration der unverbrannten Gase wie Kohlenmonoxid (CO) im wesentlichen linear mit dem Luft-/Kraftstoffverhältnis, so daß das Sensorelement 60 einen Grenzstrom gemäß der Konzentration an CO oder dergleichen erzeugt.

Die Spannungs-Stromkennlinien des A/F-Sensors 30 werden unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschrieben. Wie in Fig. 5 gezeigt ist, besteht ein lineares Verhältnis zwischen dem elektrischen Strom I_p , der in das Festelektrolyt 61 des Sensorelements 60 fließt, und der angelegten Spannung, die an das Festelektrolyt 61 angelegt ist. In Fig. 5 bezeichnen die flachen Abschnitte, die parallel zur Spannungsachse (die Abszisse) sind, den Grenzstrom des Sensorelementes 60, und die Zunahme/Abnahme dieses Grenzstroms (der Sensorstrom) entspricht der Zunahme/Abnahme an A/F (d. h. das Ausmaß der Magerkeit/Fettigkeit). Kurz gesagt erhöht sich der Grenzstrom, wenn A/F magerer wird, und er nimmt ab, wenn A/F fetter wird.

In den Spannungs-Stromkennlinien stellen die Spannungsbereiche, die niedriger als die geraden Abschnitte, die parallel zur Spannungsachse verlaufen, sind, widerstandsdominierende Bereiche dar, in denen der Gradient der linearen Abschnitte durch den inneren Widerstand (der sogenannte "Elementewiderstand") des Festelektrolyts 61 in dem Sensorelement 60 spezifiziert wird. Diese Elementewiderstand ändert sich mit der Temperatur, so daß der oben genannte spezifizierte Gradient mit der Zunahme des Elementewiderstandes abnimmt, wenn die Temperatur des Sensorelements 60 sinkt.

Fig. 6 zeigt einen Graph, der ein Verhältnis zwischen dem Grenzstromwert auf der Abszisse und dem A/F, das dem Grenzstromwert entspricht, auf der Ordinate anzeigt.

Darüber hinaus sind die Wärmewiderstandseigenschaften des A/F-Sensors 30 durch die folgenden spezifischen Zahlenwerte realisiert:

- Wärmewiderstandstemperatur des Elementes = 900 bis 950°C;
- Wärmewiderstandstemperatur des Heizgerätes = 1000 bis 1100°C;
- Maximalwert der Elementetemperaturänderungsrate = 150 bis 200°C/s;
- Maximalwert der Heizgerätemperaturänderungsrate = 200°C/s; und
- Maximalwert der Temperaturdifferenz zwischen dem Element und dem Heizgerät = 200°C.

In Fig. 1 wird andererseits ein Vorspannungsanweisungssignal (oder ein Digitalsignal) VR zum Anlegen der Spannung an den A/F-Sensor 30 (oder dessen Sensorelement 60) in einen D/A-Umwandler 21 von der ECU 20 eingegeben und dadurch in ein Analogsignal V_b umgewandelt. Dieses Analogsignal V_b wird in einem LPF (Tiefpaßfilter - Low Pass Filter) 22 eingegeben. Darüber hinaus wird eine Ausgangsspannung V_c , die durch Herausfiltern der hochfrequenten Komponente des Analogsignals V_b durch den LPF 22 vorbereitet wurde, in den Vorspannungssteuerkreis 40 eingegeben, zur Anlegung einer Spannung zur Erfassung des A/F oder des Elementewiderstandes zum A/F-Sensor 30. Zur Zeit der Erfassung des A/F, wird eine gestrichelte Linie L1 in Fig. 5 verwendet, um eine angelegte Spannung V_p , die dem vorherrschenden A/F entspricht, einzustellen. Zur Zeit der Erfassung des Elementewiderstandes wird andererseits eine Spannung angelegt, die aus dem sogenannten

"Frequenzsignal" zusammengesetzt ist und eine vorbestimmte einzelne Zeitkonstante hat.

Ein Stromerfassungskreis 50 in dem Vorspannungssteuerkreis 40 erfaßt den Wert eines Stromes, der fließt, wenn die Spannung an den A/F-Sensor 30 angelegt wird. Das Analogsignal, das den Stromwert hat, wird er in dem Stromerfassungskreis 50 erfaßt wird, wird durch einen A/D-Wandler 23 in die ECU 20 eingegeben. Das Heizgerät 64 oder dessen Heizelement 64a, das in dem A/F-Sensor 30 eingebaut ist, wird durch den Heizgerätesteuerkreis 25 betrieblich gesteuert. Kurz gesagt führt dieser Heizgerätesteuerkreis 25 die Leistungssteuerung des Betrags der Strommenge für das Heizgerät 64 in Abhängigkeit von der Elementen- oder der Heizgerätemperatur des A/F-Sensors 30 durch, wodurch die Erwärmung des Heizgerätes 64 gesteuert wird.

Darüber hinaus ist auf dem Motorabgasrohr 12 ein Abgastemperatursensor 13 zur Erfassung der Abgastemperatur befestigt. Der Ausgang dieses Sensors wird durch einen A/D-Wandler 24 in die ECU 20 eingegeben.

Als nächstes wird der Aufbau des Vorspannungssteuerkreises 40 unter Bezugnahme auf ein elektrisches Schaltbild gemäß Fig. 7 beschrieben. In Fig. 7 ist der Vorspannungssteuerkreis 40 so aufgebaut, daß er einen Referenzspannungskreis 44 enthält, einen Spannungszuführkreis 45, einen zweiten Spannungszuführkreis 47 und den Stromerfassungskreis 50, die grob unterteilt sind. Der Referenzspannungskreis 44 teilt eine konstante Spannung V_{cc} mit einem Spannungsteilungswiderstand 44a und 44b, um eine konstante Referenzspannung V_a zu erzeugen.

Der erste Spannungszuführkreis 45 ist aus einem Spannungsfolgekreis aufgebaut und führt dieselbe Spannung V_a des Referenzspannungskreises 44 an einen Anschluß (der mit der Atmosphärenelektrode 67 in Fig. 3 verbunden ist) des Sensorelements 60. Genauer gesagt ist der erste Spannungszuführkreis 45 aus folgendem zusammengesetzt: einem Operationsverstärker 45a, der mit dessen positiven Eingangsanschluß verbunden ist, wobei der Spannungsteilerpunkt zwischen den Spannungsteilerwiderständen 44a und 44b liegt, und der an seinem negativen Eingangsanschluß mit dem einen Anschluß 42 des Sensorelements 60 verbunden ist; einem Widerstand 45b, der mit seinem einen Anschluß mit dem Ausgangsanschluß des Operationsverstärkers 45a verbunden ist; und einem NPN-Transistor 45c und einem PNP-Transistor 45d, die an ihren einzelnen Basen mit dem anderen Anschluß des Widerstands 45b verbunden sind. Der NPN-Transistor 45c ist an seinem Kollektor mit der konstanten Spannung V_{cc} verbunden und sein Emitter ist mit dem einen Anschluß 42 des Sensorelements 60 durch den Stromerfassungswiderstand 50a des Stromerfassungskreises 50 verbunden. Andererseits ist der PNP-Transistor 45d an seinem Emitter mit dem Emitter des NPN-Transistors 45c verbunden und an seinem Kollektor geerdet.

Der zweite Spannungszuführkreis 47 ist ferner aus einem Spannungsfolgekreis aufgebaut, um dieselbe Spannung V_c als Ausgangsspannung V_c des LPF 22 an den anderen Anschluß 41 (der mit der Meßelektrode 66 aus Fig. 3 verbunden ist) des Sensorelements 60 zuzuführen. Genauer gesagt ist der zweite Spannungszuführkreis 47 aus folgendem zusammengesetzt einem Operationsverstärker 47a, der an seinem positiven Eingangsanschluß mit dem Ausgang des LPF 22 verbunden ist und an dessen negativen Eingangsanschluß mit dem anderen Anschluß 41 des Sensorelements 60 verbunden ist; einem Widerstand 47b, der an seinem einen Anschluß mit dem Ausgangsanschluß des Operationsverstärkers 47a verbunden ist; und einem NPN-Transistor 47c und einem PNP-Transistor 47d, die an ihren individuellen Basen mit dem anderen Anschluß des Widerstands 47b verbunden sind. Der NPN-Transistor 47c ist an seinem Kollektor mit

der konstanten Spannung V_{cc} verbunden und an dessen Emittter durch einen Widerstand 47e mit dem anderen Anschluß 41 des Sensorelements 60. Andererseits ist der PNP-Transistor 47d an seinen Emittter mit dem Emittter des NPN-Transistors 47c verbunden und an seinem Kollektor geerdet.

Mit der soweit beschriebenen Konstruktion wird dem einen Anschluß 42 des Sensorelements 60 zu jeder Zeit die konstante Spannung V_a zugeführt. Wenn die Spannung V_c , die niedriger als die konstante Spannung V_a ist, durch das LPF 22 dem anderen Anschluß 41 des Sensorelements 60 zugeführt wird, wird darüber hinaus das Sensorelement 60 positiv vorgespannt. Wenn die Spannung V_c , die höher als die konstante Spannung V_a ist, durch das LPF 22 dem anderen Anschluß 41 des Sensorelements 60 zugeführt wird, wird das Sensorelement 60 andererseits negativ vorgespannt.

Fig. 8 ist ein Schaltbild, das eine Konstruktion der Heizgerätesteuerschaltung 25 zeigt.

In Fig. 8 ist das Heizgerät 64 (oder dessen Heizelement 64a) an seinem einen Anschluß mit der Batteriestromversorgung +B und an seinem anderen Anschluß mit dem Kollektor eines Transistors 25a verbunden und bildet ein Schaltungselement. Dieser Transistor 25a ist an seinem Emittter durch einen Heizgerätestromerfassungswiderstand 25b geerdet. Die Heizgerätespannung V_h wird in Form der Potentialdifferenz zwischen den zwei Anschlüssen der zwei Heizgeräte 64 erfaßt und das erfaßte Ergebnis wird durch einen Operationsverstärker 25c und den A/D-Wandler 26 in die ECU 20 eingegeben. Andererseits wird der Heizgerätestrom I_h in Form der Potentialdifferenz zwischen den zwei Anschlüssen des Heizgerätestromerfassungswiderstandes 25b erfaßt und das erfaßte Ergebnis wird durch den Operationsverstärker 25d und den A/D-Wandler 27 in die ECU 20 eingegeben.

Die Funktion der Luft-/Kraftstoffverhältniserfassungsvorrichtung 15 wird nun beschrieben.

Zu allererst wird die Zusammenfassung der Funktion dieser Vorrichtung unter Bezugnahme auf die Zeitablaufdiagramme der Fig. 9A bis 9D beschrieben. In den Fig. 9A bis 9C sind die Vorgänge, in denen der A/F-Sensor 30 aus einem kalten Zustand bei einem Kaltstart des Motors 10 erwärmt wird, dargestellt. Der Elementewiderstand ZAC zu Beginn der Stromversorgung an das Heizgerät (gleich nachdem der Motor gestartet wurde) kann nicht erfaßt werden, weil er zu jener Zeit sehr hoch ist.

Wenn der Zündschlüssel zur Zeit t11 eingeschaltet wird, wird eine Steuerung mit offenem Regelkreis einer Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s begonnen. Diese Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s ist als Temperaturänderungsbetrag einer Elementtemperatur T_s zu einer Einheitszeit (beispielsweise alle 128 ms in diesem Ausführungsbeispiel) dargestellt. Zu dieser Zeit wird die Leistung der Stromversorgung unter Verwendung einer vorgegebenen Tabelle so bestimmt, daß die Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s im wesentlichen konstant ist. Kurz gesagt steigt die Stromversorgungsleistung für das Heizgerät 64 mit der Zeit allmählich an und die Elementtemperatur T_s (die Temperatur des Festelektrolyts) steigt entsprechend.

Zur Zeit t12, wenn der Elementewiderstand ZAC im Verlauf des Temperaturanstiegs niedriger als ein vorbestimmter Pegel (beispielsweise 3 K Ω in diesem Ausführungsbeispiel) ist, wird die Heizgerätesteuerschaltung von der vorherrschenden Steuerung mit offenem Regelkreis der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s zur Regelung mit Rückkopplung der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s umgeschaltet. Zu einer Zeitperiode zwischen t12 und t13 wird genauer gesagt der Stromversorgungsbetrag für das Heizgerät (die Stromversorgungsleistung) durch Ausführung der Rückkopplungs-

regelung der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s auf das Soll-Niveau ausgeführt.

Zu einer späteren Zeit t13, wenn der Elementewiderstand ZAC den bestimmten Wert (beispielsweise 120 Ω in diesem Ausführungsbeispiel) der Aktivierungsvervollständigung erreicht, werden eine Serie an Steuerungen für die Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s beendet. Anstelle dieser Steuerungen wird die Rückkopplungsregelung, die die Elementtemperatur konstant aufrechterhält, begonnen. Zu und nach der Zeit t13 wird genauer gesagt der Stromversorgungsbetrag für das Heizgerät (die Stromversorgungsleistung) durch Ausführen der Rückkopplungsregelung der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s auf ein vorbestimmtes Soll-Niveau (700°) festgestellt. Da die Rückkopplungsregelung mit der "konstanten Elementtemperatur" und die Rückkopplungsregelung mit dem "konstanten Elementewiderstand" im wesentlichen identisch sind, wird in diesem Ausführungsbeispiel die Rückkopplungsregelung mit dem konstanten Elementewiderstand ausgeführt (um den Elementewiderstand ZAC auf das Soll-Niveau zurückzuführen).

Fig. 10 ist ein Ablaufdiagramm, das die Zusammenfassung einer Hauptroutine in der ECU 20 zeigt. Diese Routine wird initiiert, wenn die ECU 20 eingeschaltet wird.

Wie in Fig. 10 gezeigt ist, bestimmt die ECU 20 in Schritt 100, ob die vorbestimmte Zeitdauer T_a von der vorherigen A/F-Erfassung an verstrichen ist. Die Zeitdauer T_a entspricht einem A/F-Erfassungszyklus und wird beispielsweise auf T_a = ungefähr 4 ms eingestellt. Wenn die vorbestimmte Zeitdauer T_a von der vorherigen A/F-Erfassung verstrichen ist (d. h. JA in Schritt 100), eilt die ECU 20 zu Schritt 110 fort, um A/F in Abhängigkeit einer A/F-Erfassungsroutine wie in Fig. 11 gezeigt ist, zu erfassen. Wenn im Schritt 100 ein NEIN festgestellt wird, beendet die ECU 20 diese Routine für den Moment so wie sie ist.

Die A/F-Erfassungsroutine, die in Fig. 11 gezeigt ist, wird nun beschrieben. Die ECU 20 legt in Schritt 111 die Spannung V_p an das Sensorelement 60 des A/F-Sensors 30 an. Die Spannung V_p , die angelegt werden soll, wird als ein Wert, z. B. auf der gestrichelten Linie L1 in Fig. 5 gemäß dem vorliegenden Luft-/Kraftstoffverhältnis (Grenzstrom Ip) eingestellt.

Im Schritt 112 liest die ECU 20 den Strom ein, der durch das Sensorelement 60 fließt, wenn die Spannung V_p angelegt wird, d. h., der Grenzstrom (der Sensorstrom) I_p , der durch die Stromerfassungsschaltung 50 erfaßt wird. In Schritt 113 wandelt die ECU 20 darüber hinaus den vorliegenden Grenzstrom I_p unter Verwendung der Grenzstrom-A/F-Tabelle, die in Fig. 6 gezeigt ist, in das entsprechende A/F um. Im nachfolgenden Schritt 114 gibt die ECU 20 das erhaltene A/F an die Motorsteuerung ECU 16 ab und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 10 zurück.

Nach der A/F-Erfassung stellt die ECU 20 im Schritt 120 aus Fig. 10 fest, ob eine vorgegebene Zeitdauer T_b seit der vorherigen Erfassung des Elementewiderstands verstrichen ist oder nicht. Diese vorgegebene Zeitdauer T_b entspricht dem Elementewiderstands-ZAC-Erfassungszyklus und wird beispielsweise abwechselnd in Abhängigkeit von dem Motorzustand eingestellt. In diesem Ausführungsbeispiel wird die vorgegebene Zeitdauer T_b unter einer gewöhnlichen Bedingung variabel als T_b = 2s (Sekunden) eingestellt, wenn die Änderung des A/F relativ gering ist (unter einem beständigen Betriebszustand des Motors 10) und als T_b = 128 ms (Millisekunden), wenn sich A/F schnell ändert (beim Start des Motors 10 oder in einem Übergangsbetriebszustand des Motors 10).

Wenn in Schritt 120 ein JA festgestellt wird, erfaßt die ECU 20 in Schritt 130 den Elementewiderstand ZAC und

führt im nachfolgenden Schritt 140 die Stromversorgungssteuerung des Heizgerätes 64 durch. Die vorgenannten Funktionen der Schritte 130 und 140 werden in Abhängigkeit von später beschriebenen Routinen, die in den Fig. 12 und 13 gezeigt sind, jeweils ausgeführt. Wenn in Schritt 120 ein NEIN festgestellt wird, beendet die ECU 20 diese Routine für den Moment so wie sie ist.

Die Elementewiderstands-ZAC-Erfassungsroutine in Schritt 130 aus Fig. 10 wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 12 beschrieben. Hier in diesem Ausführungsbeispiel wird zur Erfassung des Elementewiderstandes der "AC-Elementewiderstand" unter Verwendung des Abtastverfahrens (sweep method) bestimmt.

In Fig. 12 bearbeitet die ECU 20 in Schritt 131 das Vorspannungsanweisungssignal V_r , um die vorherrschende angelegte Spannung V_p (d. h. die A/F-Erfassungsspannung) ausschließlich zur positiven Seite hin zu ändern. Die Zeitdauer zum Anlegen der Spannung zur Erfassung des Elementewiderstandes beträgt mehrere 10 bis 100 μ s. Danach liest die ECU 20 im Schritt 132 die vorherrschende Spannungsänderung ΔV und eine Änderung ΔI des Sensorstroms, der durch die Stromerfassungsschaltung 50 erfaßt wurde, aus. Darüber hinaus berechnet die ECU 20 im nachfolgenden Schritt 133 den Elementewiderstand ZAC aus den Werten ΔV und ΔI ($ZAC = \Delta V / \Delta I$) und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 10 zurück.

Gemäß der oben beschriebenen Routine wird die Spannung, die von einer vorgegebenen Zeit konstante durch LPF 22 und die Vorspannungssteuerschaltung 40 aus Fig. 1 vorgegeben ist, einfach an den A/F-Sensor 30 angelegt. Folglich wird der Spitzenstrom ΔI (d. h. die Stromänderung) nach einem verstreichen einer Zeit t seit Anlage der Spannung erfaßt, wie in Fig. 16 gezeigt ist, so daß der Elementewiderstand ZAC seit der Spannungsänderung ΔV und der Spitzenstrom ΔI zu dieser Zeit ($ZAC = \Delta V / \Delta I$) erfaßt wird. In diesem Fall wird die einzige Spannung durch das LPF 22 an den A/F-Sensor 30 angelegt, so daß ein übermäßiger Spitzenstrom unterdrückt werden kann, um die Genauigkeit des Elementewiderstandes ZAC zu verbessern.

Der so bestimmte Elementewiderstand ZAC steht in einem Verhältnis zur Elementetemperatur T_s , wie in Fig. 17 gezeigt ist. Kurz gesagt, je niedriger die Elementetemperatur T_s ist, desto stärker steigt der Elementewiderstand ZAC drastisch an. Hier entspricht die Aktivierungstemperatur (z. B. ungefähr 700°C) des A/F-Sensors 30 dem Elementewiderstand ZAC von ungefähr 90 Ω .

Als nächstes wird eine Stromversorgungssteuerungsroutine für das Heizgerät in Schritt 140 aus Fig. 10 unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben.

Zu aller erst bestimmt die ECU 20 in Schritt 141, ob die Temperatur des Sensorelements 60 zunimmt oder nicht. Während die Temperatur des Sensorelements 60 zunimmt (d. h., wenn die Antwort im Schritt 141 JA lautet) wie bei einem Kaltstart des Motors 10, bestimmt die ECU 20 bei Schritt 142, ob der erfaßte Elementewiderstand ZAC ein vorbestimmtes Niveau (z. B. 3 K Ω in diesem Ausführungsbeispiel) erreicht hat oder nicht, während die Temperatur zunimmt. Da der Elementewiderstand ZAC einen beträchtlichen Pegel zu Beginn des Kaltstarts des Motors 10 einnimmt, bestimmt die ECU 20, daß $ZAC > 3 \text{ K}\Omega$ und eilt zu Schritt 143.

Im Schritt 143 führt die ECU 20 eine Regelung mit offenem Regelkreis der Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s durch. Genauer gesagt wird die Tabelle, die in einem nicht änderbaren Speicher des ECU 20 vor eingestellt ist, verwendet, um ein Leistungsverhältnis DUTY für die Stromversorgung an das Heizgerät so zu bestimmen, daß die Elementetemperatur T_s in einem vorbestimmten Profil in Abhängig-

keit von der verstrichenen Zeitdauer seit dem Beginn des Motorstarts geändert werden kann. Zur Zeitdauer zwischen t_{11} und t_{12} aus Fig. 9 wird beispielsweise die Regelung mit offenem Regelkreis der Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s in Schritt 143 ausgeführt.

Wenn andererseits $ZAC < 3 \text{ K}\Omega$ ist, eilt die ECU 20 zu Schritt 150 fort, wobei die Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s in Abhängigkeit von der später beschriebenen Routine aus Fig. 14 über eine Rückkopplungsregelung auf ein vorbestimmtes Niveau gesteuert wird. Genauer gesagt ist das PID-Regelverfahren dazu angepaßt, das Leistungsverhältnis DUTY für die Stromversorgung für das Heizgerät so zu bestimmen, daß die vorliegende Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s mit dem Soll-Wert ΔT_{sref} in Übereinstimmung steht. Während der Zeitdauer zwischen t_{12} und t_{13} in Fig. 9 wird beispielsweise die Rückkopplungsregelung der Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s in Schritt 150 ausgeführt.

Nach der DUTY-Bestimmung in Schritt 143 oder 150 eilt die ECU 20 zu Schritt 144 fort, bei dem das Leistungsverhältnis DUTY kompensiert wird, um das Endleistungsverhältnis D_{fn} zu berechnen. Genauer gesagt wird dieses Endleistungsverhältnis D_{fn} anhand der folgenden Formel unter Verwendung eines Kompensationswerts FK gemäß der Spannung der Batteriestromquelle +B und der Abgastemperatur und dem Lernwert FLRN gemäß der einzelnen Sensorunterschiede und der Alterung berechnet:

$$D_{fn} = DUTY + FK + FLRN.$$

Im nachfolgenden Schritt 145 überwacht die ECU 20 vielmehr die Elementetemperatur T_s oder dessen Änderungsrate ΔT_s einschließlich des maximal zulässigen Wertes. Danach wird das Leistungsverhältnissignal für die Stromversorgung für das Heizgerät an den Heizgerätesteuerekreis 25 in Fig. 1 abgegeben.

Im Schritt 145 wird festgestellt, ob die Elementetemperatur T_s den maximal zulässigen Wert von "900°C" überschreitet oder nicht, oder ob die Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s den maximal zulässigen Wert von "150°C/s" überschreitet, wenn der Strom mit dem berechneten Endleistungsverhältnis D_{fn} an das Heizgerät geliefert wird. Wenn abgeschätzt wird, daß diese maximal zulässigen Werte überschritten werden, wird die Stromversorgungsleistung auf "0" oder auf den Wert (z. B. ungefähr 0,1 bis 1%), auf den die Elementetemperatur ohne Versagen fallen darf, geregelt. Jedoch kann dieses Leistungsverhältnis gemäß der Umwandlungsrate des A/D-Wandlers festgelegt werden.

Der Kompensationswert FK wird durch Aufsummieren der Kompensationswerte FK1 bis FK4 bestimmt, die die Verhältnisse haben, die in den Fig. 18A bis 18D gezeigt sind:

$$FK = FK1 + FK2 + FK3 + FK4.$$

Der Kompensationswert FK1 wird gemäß dem Spannungspegel der Batteriestromquelle +B anhand von Fig. 18A bestimmt. Der positive Kompensationswert FK1 wird eingestellt, wenn die Batteriespannung niedriger als oder gleich zu A ist (z. B. die theoretische Spannung von 12 V) und der negative Kompensationswert FK1 wird eingestellt, wenn die Batteriespannung größer als A ist.

Aus Fig. 18B wird der Kompensationswert FK2 gemäß der Abgastemperatur, die von dem Abgastempertursensor 13 erfaßt wird, bestimmt. Der positive Kompensationswert FK2 wird eingestellt, wenn die Abgastemperatur geringer als oder gleich groß wie B ist und der negative Kompensationswert FK2 wird eingestellt, wenn die Abgastemperatur

größer als B ist.

Aus Fig. 18C wird der Kompensationswert FK3 gemäß dem Anfangsheizgeräthewiderstand bei einem Motorstart bestimmt. Der positive Kompensationswert FK3 wird eingestellt, wenn der Anfangsheizgeräthewiderstand geringer als oder gleich C ist, und der negative Kompensationswert FK3 wird eingestellt, wenn der Anfangsheizgeräthewiderstand größer als C ist. In diesem Fall stellt der Anfangsheizgeräthewiderstand den Kalzustand des A/F-Sensors 30 bei dem Motorstart dar und der Kompensationswert FK3 kann nur bei einer Temperaturzunahmeperiode angewandt werden.

Aus Fig. 18D wird der Kompensationswert FK4 gemäß dem Kabelbaumwiderstand durch die Batteriestromversorgung +B, das Heizgerät 64 und der Erdung GND (siehe Fig. 8) bestimmt. Der negative Kompensationswert FK4 wird eingestellt, wenn der Kabelbaumwiderstand geringer oder gleich D ist, und der positive Kompensationswert FK4 wird eingestellt, wenn der Kabelbaumwiderstand größer als D ist.

In den Fig. 18A bis 18D kann ein Bereich (ein unempfindliches Band) in der Nähe eines jeden der Grenzwerte A bis D erzeugt werden, in dem der Kompensationswert "0" ist. Obwohl der Kompensationswert FK als Gesamtheit von FK1 bis FK4 in diesem Ausführungsbeispiel eingestellt wird, kann er als ein Wert eingestellt werden, der zumindest einen der Werte FK1 bis FK4 enthält.

Der Lernwert FLRN wird durch Aufsummieren eines ersten Lernwerts FLRN1, basierend auf einer Zeitdauer vom Einschalten des Heizgerätes zur Sensoraktivierung, eines zweiten Lernwerts FLRN2, basierend auf der Elementewiderstandsabweichung, die bei einer Kraftstoffunterbrechung erfaßt wird, und eines dritten Lernwerts FLRN3, basierend auf der DUTY-Abweichung in einem stetigen Betriebszustand, wie folgt bestimmt:

$$FLRN = FLRN1 + FLRN2 + FLRN3.$$

Diese Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 sind Daten, die in dem Sicherungsspeicher 20a der ECU 20 gespeichert und sequentiell aktualisiert werden. Eine Berechnungsroutine für diese Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 wird im nachfolgenden beschrieben.

Wenn im Schritt 141 aus Fig. 13 ein NEIN festgestellt wird (d. h., wenn die Temperatur des Sensorelements 60 nicht zunimmt), eilt die ECU 20 zu Schritt 160. Im Schritt 160 wird die Rückkopplungsregelung ausgeführt, um den Elementewiderstand ZAC bei einem vorbestimmten Wert in Abhängigkeit von der später beschriebenen Routine, die in Fig. 15 beschrieben ist, zu halten. Genauer gesagt wird das Leistungsverhältnis DUTY für die Stromversorgung an das Heizgerät durch Anwenden des PID-Regelverfahrens so bestimmt, daß der vorliegende Elementewiderstand ZAC mit seinem Soll-Wert ZACref. übereinstimmt. Zu dieser Zeit und nach der Zeit t13 in Fig. 19 wird beispielsweise die Rückkopplungsregelung mit dem konstanten Elementewiderstand (mit der konstanten Elementetemperatur) in Schritt 160 ausgeführt.

Danach schreitet die ECU 20 zu Schritt 146 fort, bei dem das Endleistungsverhältnis Dfn durch Addieren des Kompensationswertes FK und des Lernwertes FLKN an das festgestellte Leistungsverhältnis DUTY ($Dfn = DUTY + FK + FLRN$) berechnet wird. In Schritt 145 schützt die ECU 20 die Elementetemperatur TS oder deren Änderungsrate ΔTs mit dem maximal zulässigen Wert. Danach wird das Leistungsverhältnissignal an den Heizgeräteregelungskreis 25 in Fig. 1 ausgegeben.

Die Routine, die in Fig. 14 gezeigt ist (d. h., der Vorgang im Schritt 150 in Fig. 13) wird nun beschrieben. Die ECU 20 stellt bei Schritt 151 die Elementetemperatur Ts der vor-

herigen Routine auf den vorherigen Wert "Ts0" und die Elementetemperaturänderungsrate ΔTs der vorherigen Routine auf den vorherigen Wert " $\Delta Ts0$ " ein. Im nachfolgenden Schritt 152 liest die ECU 20 darüber hinaus den erfaßten Elementewiderstand ZAC (d. h. der erfaßte Wert in Fig. 12) aus und bestimmt den vorliegenden Wert der Elementetemperatur Ts anhand des Elementewiderstandes ZAC in Abhängigkeit von dem Verhältnis aus Fig. 17. Im Schritt 153 berechnet die ECU 20 darüber hinaus den vorliegenden Wert ΔTs der Elementetemperaturänderungsrate durch Subtrahieren des vorherigen Wertes Ts0 von dem vorliegenden Wert Ts der Elementetemperatur ($\Delta Ts = Ts - Ts0$).

Danach berechnet die ECU 20 bei Schritt 154 einen Proportionalterm Gp, einen Integrationsterm Gi und einen Differentialterm Gd anhand der folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} Gp &= Kp \cdot (\Delta Ts_{ref} - \Delta Ts); \\ Gi &= Gi + Ki \cdot (\Delta Ts_{ref} - \Delta Ts); \text{ und} \\ Gd &= Kd \cdot (\Delta Ts0 - \Delta Ts). \end{aligned}$$

In diesen Formeln stellen "Kp" eine Proportionalkonstante; "Ki" eine Integrationskonstante; und "Kd" eine Differentialkonstante dar.

Im Schritt 155 berechnet die ECU 20 das Leistungsverhältnis DUTY durch Aufsummieren von Gp, Gi und Gd ($DUTY = Gp + Gi + Gd$) und anschließend kehrt sie zur Anfangsroutine in Fig. 13 zurück.

Die Routine, die in Fig. 15 gezeigt ist (d. h. der Vorgang in Schritt 160 in Fig. 13) wird nun beschrieben. Die ECU 20 stellt bei Schritt 161 den Elementewiderstand ZAC der vorherigen Routine auf den vorherigen Wert "ZAC0" ein und liest im nachfolgenden Schritt 162 den erfaßten Elementewiderstand ZAC aus (d. h. den erfaßten Wert in Fig. 12). Im Schritt 163 berechnet die ECU 20 darüber hinaus den Proportionalterm Gp, den Integrationsterm Gi und den Differentialterm Gd gemäß den nachfolgenden Formeln:

$$\begin{aligned} Gp &= Kp \cdot (ZAC - ZAC_{ref}); \\ Gi &= Gi + Ki \cdot (ZAC - ZAC_{ref}); \text{ und} \\ Gd &= Kd \cdot (ZAC - ZAC0). \end{aligned}$$

Im Schritt 164 berechnet die ECU 20 das Leistungsverhältnis DUTY durch Aufsummieren des Proportionalterms Gp, des Integralterms Gi und des Differentialterms Gd ($DUTY = Gp + Gi + Gd$) und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 13 zurück.

Die Routinen zur Berechnung der ersten bis dritten Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 werden nun unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme, die in den Fig. 19 bis 21 gezeigt sind, beschrieben. Hier zeigt Fig. 19 eine erste Lernroutine zur Berechnung des ersten Lernwerts FLRN1; Fig. 20 zeigt eine zweite Lernroutine zur Berechnung des zweiten Lernwerts FLRN2 und Fig. 21 zeigt eine dritte Lernroutine zur Berechnung des dritten Lernwerts FLRN3. Diese individuellen Routinen werden für eine Zeitdauer von beispielsweise 128 ms durch die ECU ausgeführt. Hier können die Aktualisierungen der Lernwerte in den Fig. 19 bis 21 beispielsweise, einmal nachdem der IG EIN ist, ausgeführt werden. Wenn das Lernen beendet ist, wird deshalb ein Merker (Flag), der diesen Zustand anzeigt, gesetzt, so daß dieselbe Operation später nicht durchgeführt wird.

Zu allererst wird die Routine in Fig. 19 beschrieben. Die ECU 20 bestimmt bei dem ersten Schritt 201 einen Neustart des Motors 10. Diese Neustartfeststellung basiert auf den folgenden verschiedenen Bedingungen:

– Die Motorkühlwassertemperatur ist nicht höher als ein vorbestimmter Pegel (z. B. 35°C);

- Die Ansaugtemperatur ist nicht höher als ein vorbestimmter Pegel (z. B. 20°C);
- Der Elementewiderstand ist nicht niedriger als ein vorbestimmter Pegel (z. B. 3 KΩ); und
- Der Heizgeräthewiderstand ist nicht höher als ein vorbestimmter Pegel (z. B. 3 Ω).

Es wird festgestellt, ob der Motor nicht neu gestartet wird, wenn alle die verschiedenen Bedingungen erfüllt sind, und es wird festgestellt, ob der Motor neu gestartet wird, wenn irgendeine der Bedingungen nicht erfüllt ist.

Wenn festgestellt wird, daß der Motor nicht neu gestartet wird (d. h., wenn in Schritt 202 JA festgestellt wird) schreitet die ECU 20 zum Schritt 203 fort, um die Dauer der Aktivierung des A/F-Sensors 30 zu zählen. Zum Zählen dieser Zeitdauer wird ein Zähler verwendet, der anfängt, zu zählen, wenn der Zündschalter eingeschaltet wird. Wie in Fig. 23 gezeigt ist, wird beispielsweise festgestellt, daß der Sensor aktiviert ist, wenn einer der folgenden Fälle erfüllt ist:

- Wenn die Änderung des Sensorstroms größer oder gleich einem vorbestimmten Feststellungswert ist;
- Wenn der akkumulierte Wert des Sensorstroms größer als oder gleich einem vorbestimmten Feststellungswert ist;
- Wenn der Elementewiderstand kleiner oder gleich einem vorbestimmten Bestimmungswert (z. B. 1 KΩ) ist;
- Wenn der Heizgeräthewiderstand größer als oder gleich einem vorbestimmten Bestimmungswert (z. B. 4 Ω) ist;
- Wenn die Elementetemperatur größer als oder gleich einem vorbestimmten Bestimmungswert (z. B. 600°C) ist, und
- Wenn die Heizgerätemperatur größer als oder gleich einem vorbestimmten Feststellungswert (z. B. 650°C) ist.

Die Zeitdauer für die Sensoraktivierung wird durch den gezählten Wert bestimmt. Die Feststellung für die Sensoraktivierung, die hier verwendet wird, muß nicht notwendigerweise die gleiche Bedeutung haben wie die Aktivierungsbestimmung (zur Zeit t13 in Fig. 9) in der Heizgerätesteuerung aus Fig. 13, sondern sie kann einen vorläufigen Parameter für die Sensoraktivierungsbestimmung haben.

Danach stellt die ECU 20 in Schritt 204 den ersten Lernwert FLRN1 in Abhängigkeit von der Zeitdauer für die Sensoraktivierung durch das folgende Verhältnis, das in Fig. 22A gezeigt ist, beispielsweise ein, und beendet diese Routine anschließend. Der Lernwert FLRN1 der somit eingestellt wird, ist zur einer willkürlichen Zeit in dem Sicherungsspeicher 20a des ECU 20 gespeichert. Gemäß Fig. 22A wird der positive Lernwert FLRN1 eingestellt, wenn die Zeitdauer für die Aktivierung den vorbestimmten Wert A1 erreicht oder überschreitet. Wenn der A/F-Sensor 30 geschädigt wird, nimmt beispielsweise die Zeitdauer für die Aktivierung zu, so daß der Lernwert FLRN1 auf einen Wert von "0" oder mehr eingestellt wird.

Die Routine, die in Fig. 20 gezeigt ist, wird nun beschrieben. In Schritt 301 bestimmt die ECU 20, ob die Aktivierung des A/F-Sensors 30 beendet worden ist oder nicht. Im Schritt 302 stellt die ECU 20 fest, ob der Kraftstoff unterbrochen wurde (F/C) oder nicht. Wenn in beiden Schritten 301 und 302 JA festgestellt wurde, eilt die ECU 20 zu Schritt 303 fort, um einen sensorinternen Widerstand Ri bei der zeitlichen Steuerung von F/C zu erfassen.

Kurz gesagt, während dem F/C ist das A/F in einem extrem mageren Zustand und ein Sensorstrom If wird durch

Anlegen einer Spannung Vf in dem widerstandsdominanten Bereich unter Verwendung einer gestrichelten Linie L1', die in Fig. 24 gezeigt ist, erfaßt. Anschließend wird der sensor-eigene Widerstand Ri aus $R_i = V_f / I_f$ erfaßt.

Im Schritt 304 berechnet die ECU 20 eine Differenz (ZAC - Ri) zwischen dem Elementewiderstand ZAC (d. h. dem erfaßten Wert in Fig. 12), der durch das vorgenannte Sweep-Verfahren erfaßt wurde, und dem sensor-eigene Widerstand Ri, der bei F/C erfaßt wurde.

Im Schritt 305 stellt die ECU 20 darüber hinaus den zweiten Lernwert FLRN2 in Abhängigkeit von der Differenz (ZAC - Ri) beispielsweise durch Folgen der Beziehung in Fig. 22B ein und beendet anschließend die laufende Routine. Der eingestellte FLRN2 wird zu einer willkürlichen Zeit in dem Sicherungsspeicher 20a der ECU 20 gespeichert. Gemäß Fig. 22B wird der FLRN2 auf FLKN2 = 0 eingestellt, wenn der Wert (ZAC - Ri) bei "B1 bis B2" in der Nähe von "0" liegt. Ein positiver Lernwert FLRN2 wird eingestellt, wenn (ZAC - Ri) < B1 ist und ein negativer Lernwert FLRN2 wird eingestellt, wenn (ZAC - Ri) > B2 ist.

Die Routine, die in Fig. 21 gezeigt ist, wird nun beschrieben. In Schritt 401 bestimmt die ECU 20, ob die Rückkopplungsregelung der konstanten Elementetemperatur (des konstanten Elementewiderstandes) derzeit ausgeführt wird oder nicht. Bei und nach der Zeit t13 in den Fig. 9A bis 9C wird der Schritt 401 bestätigt. In Schritt 402 bestimmt die ECU 20 darüber hinaus, ob der Motor 10 derzeit stetig läuft (d. h. unter einem Normalzustand) oder nicht. Darüber hinaus bestimmt die ECU 20 (bei Schritt 403), ob der JA-Zustand in beiden Schritten 401 und 402 für eine vorbestimmte Zeitdauer (z. B. 5 Sekunden) fortgesetzt wurde oder nicht.

Wenn im Schritt 403 ein JA festgestellt wurde, eilt die ECU 20 zu Schritt 404 fort, um die Durchschnitts-DUTY von der Stromversorgungs-DUTY des Heizgerätes 64 für eine vorbestimmte Zeitdauer (von 5 Sekunden) zu berechnen. Darüber hinaus berechnet die ECU 20 im Schritt 405 eine DUTY-Abweichung durch Subtrahieren der voreingestellten Referenz DUTY aus dem berechneten Durchschnitts-DUTY (DUTY-Abweichung = Durchschnitts-DUTY - Referenz-DUTY). Hier entspricht die Referenz-DUTY einer Standardstromversorgung, die zum Aufrechterhalten der Elementetemperatur Ts auf ein vorbestimmtes Niveau während dem stetigen Lauf (normaler Motorbetrieb) mit einer konstanten Elementetemperatursteuerung notwendig ist.

Im nachfolgenden Schritt 406 stellt die ECU 20 den dritten Lernwert FLRN3 gemäß der DUTY-Abweichung z. B. durch Folgen der Beziehung in Fig. 22C ein und beendet die vorliegende Routine. Der eingestellte FLRN3 wird zu einer willkürlichen Zeit in dem Sicherungsspeicher 20a der ECU 20 gespeichert. Gemäß Fig. 22C wird der FLRN3 auf FLRN3 = 0 eingestellt, wenn die DUTY-Abweichung auf "C1 bis C2" in der Nähe von "0" liegt. Darüber hinaus wird ein negativer Lernwert FLRN3 eingestellt, wenn die DUTY-Abweichung < C1 beträgt, und ein positiver Lernwert FLRN3 wird eingestellt, wenn die DUTY-Abweichung > C2 ist.

Die Lernwerte FLRN1 bis FLRN3, die so berechnet werden, werden in den Schritten 144 und 146 der Fig. 13 zur Berechnung des Endleistungsverhältnisses Dfn (für die DUTY-Kompensation) geeignet angepaßt.

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können die folgenden Auswirkungen erzielt werden.

- (a) Die Stromversorgung für das Heizgerät wird der Leistungssteuerung gemäß der Elementetemperaturänderungsgeschwindigkeit ΔT_s (d. h. der Temperaturzu-

wachsrates am Sensorelement 60) unterzogen. Demgemäß ist es bei der Temperaturzuwachszeit vom kalten Zustand des A/F-Sensors 30 beispielsweise möglich, die übermäßige Temperaturzunahme des Sensorelements 60 zu unterdrücken und eine prompte Aktivierung des Sensorelements 60 zu realisieren. Als ein Ergebnis werden die Temperaturzunahmeeigenschaften des A/F-Sensors 30 zufriedenstellend aufrechterhalten und Nachteile wie ein Brechen des Elementes oder des Heizgerätes und ein Abblättern der angeklebten Heizgeräteeoberfläche wird verhindert.

Besonders beim sogenannten Sensor vom "laminieren Typ", der durch Laminieren des Heizgerätes 64 auf das Festelektrolyt 61 vereinigt wurde, kann das Elementebrechen oder das Heizgerätebrechen leicht hervorgerufen werden, weil das Festelektrolyt 61 und das Heizgerät 64 aneinander angrenzend angeordnet sind. Jedoch werden diese Probleme gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verhindert.

(b) Die Elementetemperaturänderungsgeschwindigkeit ΔT_s wird einer Regelung mit offenem Regelkreis am Anfangszustand der Temperaturzunahme vom kalten Zustand des Sensors unterzogen.

Folglich wird diese Elementetemperaturänderungsrate ΔT_s geeignet gesteuert, sogar während der Zeitdauer, in der ZAC nicht erfaßt werden kann, unmittelbar nach dem Motorstart.

(c) Es wird festgestellt, ob sich der A/F-Sensor 30 auf einer Temperaturzuwachszeit oder einem stetigen Zustand nach der Temperaturzunahme befindet. Bei dem stetigen Zustand nach der Temperaturzunahme wird die Rückkopplungsregelung für die konstante Elementetemperatur ausgeführt. Wenn der A/F-Sensor einmal aktiviert ist, wird genauer gesagt die vorliegende Elementetemperaturrückkopplungsregelung anstelle der Heizgerätesteuerung gemäß der Elementetemperaturänderungsgeschwindigkeit ΔT_s ausgeführt, unter der Annahme, daß keine Temperaturänderung so abrupt ist, wie jene zu der Temperaturzunahmezeit, die nach jener Aktivierung auftreten wird. Folglich kann die geeignete Heizgeräterege lung nicht nur bei der Temperaturzunahmezeit, sondern auch zu jeder anderen Zeit ausgeführt werden.

(d) Die Elementetemperatur T_s oder deren Änderungsrate ΔT_s wird durch den vorbestimmten maximal zulässigen Wert geschützt. Folglich wird das übermäßige Erhitzen des Sensorelements 60 verhindert.

(e) Andererseits werden die ersten bis dritten Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 so bestimmt, daß die Stromversorgung an das Heizgerät kompensiert wird. Genauer gesagt, wird die Stromversorgung an das Heizgerät durch folgendes kompensiert:

- den ersten Lernwert FLRN1 gemäß der Dauer vom Kaltzustand bis zur Aktivierung des A/F-Sensors 30;
- den zweiten Lernwert FLRN2 gemäß der Abweichung (ZAC - Ri) im Vergleich zwischen dem sensor-eigenen Widerstand Ri, der zu der Zeit erfaßt wurde, wo der Kraftstoff unterbrochen wurde, und dem Elementewiderstand ZAC, der durch das Sweep-Verfahren erfaßt wurde; und
- den dritten Lernwert FLRN3 gemäß der Differenz zwischen der Stromversorgung DUTY beim stetigen Lauf des Motors und dem Standardwert der voreingestellten Stromversorgung DUTY.

Demgemäß wird der Nachteil wie eine unerwartete Schwankung der Elementetemperatur T_s verhindert, sogar wenn der A/F-Sensor geschädigt 30 wird. Kurz gesagt werden die Einflüsse infolge der Heizgerätesteuerung aufgrund der individuellen Unterschiede oder Alterung des Sensors beseitigt.

(f) Die Lernwerte FLRN1 bis FLRN3, die oben beschrieben wurden, werden zu einer willkürlichen Zeit in dem Sicherungsspeicher 20a gespeichert und bei Bedarf aktualisiert. Folglich können die Lernwerte FLRN1 bis FLRN3 nur bei Bedarf berechnet werden, so daß die Heizgerätesteuerung effizient und geeignet ausgeführt wird.

(g) Darüber hinaus werden die Kompensationswerte FK1 bis FK4 bestimmt, um die Stromversorgung an das Heizgerät zu kompensieren. Genauer gesagt wird die Stromversorgung an das Heizgerät durch folgendes kompensiert:

- dem Kompensationswert FK1 gemäß dem Spannungswert der Batteriestromspannung +B;
- dem Kompensationswert FK2 gemäß der Abgastemperatur;
- dem Kompensationswert FK3 gemäß dem Anfangsheizgerätwiderstand beim Motorstart; und
- dem Kompensationswert FK4 gemäß dem Kabelbaumwiderstand zwischen der +B - dem Heizgerät 64 - der Erdung GND.

Dementsprechend wird eine geeignete Heizgerätesteuerung gemäß den Motorbetriebszuständen fortgesetzt, sogar wenn sich die Betriebszustände des Motors 10 sequentiell ändern. Folglich wird die Steuerungsgenauigkeit der Stromversorgung an das Heizgerät verbessert.

Im ersten Ausführungsbeispiel wird während der Stromversorgungssteuerung des Heizgerätes (in der Routine von Fig. 13) der Elementewiderstand ZAC in die Elementetemperatur T_s umgewandelt, die verwendet wird, um "die Elementetemperaturänderungsgeschwindigkeit ΔT_s " zu steuern. Jedoch kann die "Elementewiderstandsänderungsgeschwindigkeit" gesteuert werden, ohne statt dessen den Elementewiderstand ZAC in die Elementetemperatur T_s umzuwandeln.

(Zweites Ausführungsbeispiel)

Nun wird ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. In diesem und den nachfolgenden Ausführungsbeispielen werden die Komponenten und Verfahrensschritte, die im wesentlichen dieselben sind, wie diejenigen im ersten Ausführungsbeispiel mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Nun wird eine Luft-/Kraftstoffverhältniserfassungsvorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Fig. 25 bis 28 beschrieben. Dieses zweite Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgungssteuerung an das Heizgerät 64 in Abhängigkeit von einer Temperaturdifferenz (eine Temperaturdifferenz ΔT_{hs}) zwischen der Elementetemperatur T_s und einer Heizgeräteelementtemperatur T_h ausgeführt wird.

Zuallererst wird die Zusammenfassung der Funktionen unter Bezugnahme auf die Zeitablaufdiagramme, die in den Fig. 25A bis 25D gezeigt sind, beschrieben. Die Fig. 25A bis 25D zeigen die Prozeduren, in denen die Temperatur des A/F-Sensors 30 aus einem kalten Zustand bei einem Kaltstart des Motors 10 erhöht wird.

Wenn der Zündschlüssel zu einer Zeit t21 eingeschaltet

wird, wird die Steuerung (mit offenem Regelkreis) der Elementtemperaturänderungsgeschwindigkeit (Rate) ΔT_s unter Verwendung einer Tabelle begonnen. Kurz gesagt wird die Stromversorgungsleistung des Heizgerätes 64 im Laufe der Zeit allmählich erhöht, so daß die Elementtemperatur T_s (die Temperatur des Festelektrolyts) und die Heizgerätemperatur T_h entsprechend allmählich ansteigen.

Zur Zeit t_{22} , wenn der Elementewiderstand ZAC geringer als ein vorbestimmter Pegel ist (z. B. $3\text{ K}\Omega$ in diesem Ausführungsbeispiel), während die Temperatur ansteigt wird die Heizgerätesteuerung von der vorherrschenden Steuerung (mit offenem Regelkreis) der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s zur Rückkopplungsregelung der Temperaturdifferenz (die Temperaturdifferenz ΔT_{hs}) zwischen der Elementtemperatur T_s und der Heizgerätemperatur T_h umgeschaltet. Zu einer Zeitperiode von t_{22} bis t_{23} wird genauer gesagt die Stromversorgungsleistung bestimmt, indem die Rückkopplungsregelung auf das Sollniveau für die Differenz (die Temperaturdifferenz ΔT_{hs}) zwischen der Elementtemperatur T_s und der Heizgerätemperatur T_h ausgeführt wird.

Zu einer späteren Zeit t_{23} , wenn der Elementewiderstand ZAC auf den bestimmten Wert (z. B. $120\ \Omega$ in diesem Ausführungsbeispiel) der Aktivierungsvervollständigung sinkt, endet die vorstehend genannte Rückkopplungsregelung der Temperaturdifferenz ΔT_{hs} und die Rückkopplungstemperatur beginnt bei einer konstanten Elementtemperatur (oder bei einem konstanten Elementewiderstand) anstelle dieser Regelung. Bei und nach der Zeit t_{23} wird genauer gesagt die Stromversorgungsleistung durch eine Rückkopplungsregelung der Elementtemperatur T_s auf eine vorbestimmte Solltemperatur (z. B. 700°C) bestimmt.

Fig. 26 zeigt eine Stromversorgungssteuerroutine für das Heizgerät gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Stromversorgungssteuerroutine in Fig. 26 wird durch die ECU 20 anstelle der Routine in Fig. 13 ausgeführt. Ein Unterschied zwischen der Fig. 13 und Fig. 26 liegt darin, daß der Schritt 500 in Fig. 26 anstelle des Schritts 150 in Fig. 13 ausgeführt werden soll.

Während die Temperatur des Sensors zunimmt und wenn $ZAC \leq 3\text{ K}\Omega$ ist (d. h., wenn sowohl in Schritt 141 als auch in 142 ein JA festgestellt wird), schreitet die ECU 20 zu Schritt 500, bei dem sie die Differenz (die Temperaturdifferenz ΔT_{hs}) zwischen der Elementtemperatur T_s und der Heizgerätemperatur T_h auf einen vorbestimmten Wert in Abhängigkeit von der später beschriebenen Routine, die in Fig. 27 gezeigt ist, mit Rückkopplung einregelt. Genauer gesagt wird das Leistungsverhältnis DUTY für die Heizgerätestromversorgung so bestimmt, daß die vorherrschende Temperaturdifferenz ΔT_{hs} und ein vorbestimmter Sollwert ΔT_{hsref} ausgeglichen werden kann, indem das PID-Regelverfahren verwendet wird. Zu einer Zeitperiode von t_{22} bis t_{23} in den Fig. 25A – 25D wird beispielsweise die Rückkopplungsregelung der Temperaturdifferenz ΔT_{hs} bei Schritt 500 ausgeführt.

In diesem Fall wird die Temperaturdifferenz ΔT_{hs} zwischen der Elementtemperatur T_s und der Heizgerätemperatur T_h durch deren eigenem maximal zulässigen Wert (beispielsweise um 200°) geschützt, so daß die Stromversorgung DUTY auf "0" oder einen Pegel (z. B. 0,1 bis 1%) begrenzt wird, wodurch das Fallen der Elementtemperatur gewährleistet ist, wenn der maximal zulässige Wert überschritten wird.

Fig. 27 zeigt eine Rückkopplungsregelungsroutine der Temperaturdifferenz ΔT_{hs} . Im Schritt 501 stellt die ECU 20 die vorhergehende Temperaturdifferenz ΔT_{hs} (d. h. die Differenz zwischen Heizgerätemperatur T_h und der Elementtemperatur T_s) auf den vorhergehenden Wert " ΔT_{hs0} " ein

und erfaßt den Heizgeräthewiderstand R_h im nachfolgenden Schritt 502. Zu dieser Zeit werden die Spannung V_h zwischen den zwei Anschlüssen des Heizgerätes 64 und des Heizgerätestroms I_h von dem Heizgerätesteuerkreis 25 geholt und der Heizgeräthewiderstand R_h wird von den besorgten Werten V_h und I_h erfaßt ($R_h = V_h/I_h$).

Danach wandelt die ECU 20 bei Schritt 503 den Heizgeräthewiderstand R_h in Abhängigkeit von dem Verhältnis in Fig. 28 in die Heizgerätemperatur T_h um. Im Schritt 504 wandelt die ECU 20 den Elementewiderstand ZYC in Abhängigkeit von dem Verhältnis in Fig. 17 in die Elementtemperatur T_s um.

Darüber hinaus stellt die ECU 20 in Schritt 505 die Temperaturdifferenz ΔT_{hs} zwischen dem Element (dem Festelektrolyt) und dem Heizgerät ($\Delta T_{hs} = T_h - T_s$) fest und berechnet in Schritt 506 den Proportionalterm G_p , den Integralterm G_i den Differenzialterm G_d anhand der folgenden Formeln:

$$\begin{aligned} G_p &= K_p \cdot (\Delta T_{hsref} - \Delta T_{hs}); \\ G_i &= G_i + K_i \cdot (\Delta T_{hsref} - \Delta T_{hs}); \text{ und} \\ G_d &= K_d \cdot (\Delta T_{hs0} - \Delta T_{hs}). \end{aligned}$$

In Schritt 507 berechnet die ECU 20 das Leistungsverhältnis DUTY durch Aufsummieren des Proportionalterms G_p , des Integralterms G_i und des Differenzialterms G_d ($DUTY = G_p + G_i + G_d$) und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 26 zurück.

Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Stromversorgung an das Heizgerät gemäß der Temperaturdifferenz ΔT_{hs} zwischen der Elementtemperatur T_s und der Heizgerätemperatur T_h gesteuert. Folglich ist es wie im ersten Ausführungsbeispiel möglich, die Temperaturzunahmekennlinien des A/F-Sensors 30 zu halten und den Nachteil wie das Elementbrechen zu verhindern. Wenn die Heizgerätemperatur T_h übermäßig höher als die Elementtemperatur T_s wird, kann genauer gesagt eine abrupte Temperaturzunahme des Festelektrolyts 61 hervorgerufen werden, was durch jene Konstruktion beseitigt werden kann.

Im zweiten Ausführungsbeispiel wird darüber hinaus im Schritt 503 aus Fig. 27 der Heizgeräthewiderstand in die Heizgerätemperatur umgewandelt und der Elementewiderstand wird im Schritt 504 in die Elementtemperatur umgewandelt. Danach wird in den Schritten 505 und 506 die Heizgerätestromversorgungssteuerung basierend auf der Temperaturdifferenz zwischen dem Element und dem Heizgerät ausgeführt. Da konstante Beziehungen zwischen dem Heizgeräthewiderstand und der Heizgerätemperatur und zwischen dem Elementewiderstand und der Elementtemperatur stehen, kann die Heizgerätestromversorgungssteuerung entsprechend den Schritten 505 und 506 direkt von dem Heizgeräthewiderstand und dem Elementewiderstand ausgeführt werden, während in den Schritten 503 und 504 die Widerstands/Temperatur-Umwandlungen weggelassen werden. Gemäß dieser Abwandlung können ferner die ähnlichen Effekte wie diejenigen im zweiten Ausführungsbeispiel erzielt werden.

(Drittes Ausführungsbeispiel)

Nun wird ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und Bezugnahme auf die Fig. 29 bis 32 beschrieben. Dieses Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgungssteuerung des Heizgerätes 64 gemäß einer Änderungsgeschwindigkeit des Heizgeräthewiderstandes R_h (oder der Heizgerätemperatur T_h) während der Temperaturzunahme am A/F-Sensor 30 ausge-

führt wird.

Zuallererst wird die Zusammenfassung der Funktionen in den dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeitablaufdiagramme der Fig. 29A bis 29C beschrieben. Die Fig. 29A bis 29C veranschaulichen Prozeduren, in denen die Temperatur des A/F-Sensors 30 von einem kalten Zustand beim Kaltstart des Motors 10 erhöht wird.

Wenn bei einer Zeit t31 der Zündschlüssel eingeschaltet wird, wird der Heizgerätee Widerstand Rh (oder die Heizgerätee Temperatur Th) von Beginn an erfaßt. Anschließend wird die Rückkopplungsregelung durchgeführt, um die Stromversorgungsleistung so zu bestimmen, daß die Änderungsgeschwindigkeit (Rate) ΔRh des Heizgerätee Widerstandes Rh (oder die Änderungsgeschwindigkeit ΔTh der Heizgerätee Temperatur Th) mit einem vorbestimmten Sollwert übereinstimmt. Die Rückkopplungsregelung dieser Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh wird fortgeführt, bis die Aktivierung vollständig ist, d. h., bis der Heizgerätee Widerstand Rh zu 4Ω wird.

Zu einer Zeit t32 bei $Rh = 4 \Omega$ wird die Rückkopplungsregelung der Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh beendet und durch die Rückkopplungsregelung bei einer konstanten Heizgerätee Temperatur (oder bei einem konstanten Heizgerätee Widerstand) ersetzt. Bei und nach der Zeit t32 wird genauer gesagt die Stromversorgungsleistung durch Rückkopplungsregelung der Heizgerätee Temperatur Th auf einen vorbestimmten Sollwert (beispielsweise $700^\circ C$) bestimmt. Da die Rückkopplungsregelung bei der "konstanten Heizgerätee Temperatur" und die Rückkopplungsregelung bei dem "konstanten Heizgerätee Widerstand" im wesentlichen identisch sind, wird jedoch in diesem Ausführungsbeispiel die Rückkopplungsregelung bei dem konstanten Heizgerätee Widerstand ausgeführt (d. h., der Heizgerätee Widerstand Rh wird zum Sollwert zurückgeleitet).

Fig. 30 zeigt eine Heizgerätee Stromversorgungssteuerungsroutine im dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, die durch die ECU 20 anstelle der Routine, die in Fig. 13 gezeigt ist, ausgeführt wird. Unterschiede zwischen Fig. 13 und Fig. 30 liegen darin, daß der Schritt 600 in Fig. 30 anstelle der Schritte 142, 143 und 150 in Fig. 13 ausgeführt werden soll, und daß der Schritt 700 anstatt des Schritts 160 in Fig. 13 ausgeführt werden soll.

Während die Sensortemperatur zunimmt (d. h., wenn in Schritt 141 JA festgestellt wird), eilt die ECU 20 zu Schritt 600 fort, um die Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh auf einen vorbestimmten Wert in Abhängigkeit von der später beschriebenen Routine, die in Fig. 31 gezeigt ist, zurückzuleiten. Genauer gesagt wird das Leistungsverhältnis DUTY für die Stromversorgung so bestimmt, daß die vorherrschende Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh und das vorbestimmte Sollniveau ΔRh_{ref} in Übereinstimmung gebracht werden können, indem das PID-Regelverfahren verwendet wird. Für eine Zeitperiode von t31 bis t32 in den Fig. 29A bis 29C wird beispielsweise die Rückkopplungsregelung von ΔRh in Schritt 600 ausgeführt.

Während die Sensortemperatur nicht zunimmt (d. h., wenn in Schritt 141 NEIN festgestellt wird), eilt die ECU 20 zu Schritt 700, wo der Heizgerätee Widerstand Rh in Abhängigkeit von der später beschriebenen Routine in Fig. 32 durch Rückkopplung auf einen vorbestimmten Wert eingeregelt wird. Genauer gesagt wird das Leistungsverhältnis DUTY für die Heizgerätee Stromversorgung so bestimmt, daß der vorherrschende Heizgerätee Widerstand Rh und der vorbestimmte Sollwert Rh_{ref} in Übereinstimmung gebracht werden können, indem das PID-Regelverfahren verwendet wird. Bei und nach der Zeit t32 in den Fig. 29A bis 29C wird in Schritt 700 beispielsweise die Rückkopplungsregelung

mit einem konstanten Heizgerätee Widerstand (mit einer konstanten Heizgerätee Temperatur) ausgeführt.

Hier in der in Fig. 30 gezeigten Routine kann die Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh durch ihren maximal zulässigen Wert (annähernd $200^\circ C/s$) geschützt werden und die Heizgerätee Temperatur Th kann durch ihren maximal zulässigen Wert (annähernd 1000 bis $1100^\circ C$) geschützt werden. Wenn diese maximal zulässigen Werte überschritten werden, kann die DUTY auf "0" oder einen Wert (annähernd $0,1$ bis 1%) zur Gewährleistung des zuverlässigen Falls der Heizgerätee Temperatur begrenzt werden.

Fig. 31 zeigt eine Rückkopplungsregelungsroutine für die Heizgerätee Widerstandsänderungsrate gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die ECU 20 stellt im Schritt 601 den vorhergehenden Heizgerätee Widerstand Rh auf das vorhergehende Niveau " Rh_0 " und die vorhergehende Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh auf das vorhergehende Niveau " ΔRh_0 " ein, und erfaßt in Schritt 602 den vorliegenden Wert des Heizgerätee Widerstandes Rh ($Rh = V_h/I_h$).

Danach bestimmt die ECU 20 in Schritt 603 die Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh ($\Delta Rh = Rh - Rh_0$) und berechnet im nachfolgenden Schritt 604 den Proportionalterm Gp, den Integralterm Gi und den Differenzialterm Gd anhand der folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} G_p &= K_p \cdot (\Delta Rh_{ref} - \Delta Rh); \\ G_i &= G_i + K_i \cdot (\Delta Rh_{ref} - \Delta Rh); \text{ und} \\ G_d &= K_d \cdot (\Delta Rh_0 - \Delta Rh). \end{aligned}$$

Im Schritt 605 berechnet die ECU 20 darüber hinaus das Leistungsverhältnis DUTY durch Aufsummieren des Proportionalterms Gp, des Integralterms Gi und des Differenzialterms Gd ($DUTY = G_p + G_i + G_d$) und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 30 zurück.

Fig. 32 zeigt eine Rückkopplungsregelungsroutine für den Heizgerätee Widerstand. Die ECU 20 stellt im Schritt 701 den vorhergehenden Heizgerätee Widerstand Rh auf den vorhergehenden Wert " Rh_0 " und erfaßt in Schritt 702 den vorliegenden Wert des Heizgerätee Widerstandes Rh ($Rh = V_h/I_h$). Danach berechnet die ECU 20 bei Schritt 703 den Proportionalterm Gp, den Integralterm Gi und den Differenzialterm Gd anhand der folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} G_p &= K_p \cdot (Rh_{ref} - Rh); \\ G_i &= G_i + K_i \cdot (Rh_{ref} - Rh); \text{ und} \\ G_d &= K_d \cdot (Rh_0 - Rh). \end{aligned}$$

Im Schritt 704 berechnet die ECU 20 darüber hinaus das Leistungsverhältnis DUTY durch Aufsummieren des Proportionalterms Gp, des Integralterms Gi und des Differenzialterms Gd ($DUTY = G_p + G_i + G_d$) und kehrt anschließend zur Anfangsroutine in Fig. 30 zurück.

Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Stromversorgung an das Heizgerät in Abhängigkeit von der Heizgerätee Widerstandsänderungsrate ΔRh gesteuert. Folglich ist es in den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen möglich, die Temperaturzunahmekennlinien des A/F-Sensors 30 zu halten und den Nachteil wie den Elementenbruch zu unterdrücken.

(Viertes Ausführungsbeispiel)

Im vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird der Sollwert ΔT_{sref} der Elementtemperaturänderungsrate ΔT_s in der Routine (d. h. in der Rückkopplungsregelungsroutine von ΔT_s), wie in Fig. 14 des ersten Ausführungsbeispiel gezeigt ist, eingestellt. Wie in den Fig. 33A

und 33B gezeigt ist, wird beispielsweise der Wert ΔT_{sref} in Abhängigkeit von der Elementetemperatur T_s eingestellt. In diesem Fall wird in einem Hochtemperaturbereich der Elementetemperatur T_s , der eine relativ hohe Temperaturzunahmerate hat, der Wert ΔT_{sref} erhöht, so daß eine relativ hohe Stromversorgung DUTY eingestellt wird. Als ein Ergebnis ist es möglich, eine frühe Aktivierung des A/F-Sensors 30 zu verwirklichen. Darüber hinaus kann der Sollwert im Laufe der Zeit vom Anschalten des Zündschlüssels an erhöht werden.

Wie in den zweiten und dritten Ausführungsbeispielen können darüber hinaus die Sollwerte (z. B. ΔT_{hsref} in Fig. 27 und ΔR_{href} von Fig. 31) während der Rückkopplungsregelung in Abhängigkeit von beispielsweise der Elementetemperatur T_s oder der verstrichenen Zeit variabel eingestellt werden.

(Fünftes Ausführungsbeispiel)

Im ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden bei der Sensortemperaturzunahmezeit, die vom Kaltstart des Motors 10 begleitet wird, die offene Regelkreisteuerung und die Rückkopplungsregel Kreisteuerung der Elementetemperatur ΔT_s ausgeführt (siehe die Zeitperioden von t_{11} bis t_{12} und von t_{12} bis t_{13} in Fig. 9 und Fig. 13). Diese Regelungen werden im fünften Ausführungsbeispiel in der folgenden Art und Weise modifiziert.

Während der Zeitperiode zwischen t_{11} und t_{12} in Fig. 9 wird die offene Regelkreisteuerung des Elementewiderstandes ZAC (oder der Elementetemperatur T_s) unter Verwendung einer vorgegebenen Tabelle ausgeführt. Während der Zeitperiode zwischen t_{12} und t_{13} in Fig. 9 wird darüber hinaus die Rückkopplungsregelung ausgeführt, um den Elementewiderstand ZAC (oder die Elementetemperatur T_s) auf den Sollwert ZAC_{ref} einzustellen. Die Rückkopplungsroutine des Elementewiderstandes ZAC stimmt mit jener aus Fig. 15 überein. Zu dieser Zeit kann die Elementwiderstands-ZAC-Änderungsrate (entsprechend der Temperaturzunahmerate des Sensorelements 60) davor geschützt werden, den vorbestimmten Maximalwert zu überschreiten. Dementsprechend ist es möglich, die Temperaturzunahmekennlinien des Sensors zu halten und den Nachteil wie den Elementenbruch zu unterdrücken.

(Sechstes Ausführungsbeispiel)

Im dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird bei der Sensortemperaturzunahmezeit, die den Kaltstart des Motors 10 begleitet, die Rückkopplungsregelung der Heizgerätemperatur ΔT_s ausgeführt (siehe t_{31} bis t_{32} in den Fig. 29A bis 29C und Fig. 30). Im sechsten Ausführungsbeispiel wird die Rückkopplungsregelung in der folgenden Weise modifiziert.

Während der Zeitperiode zwischen t_{31} und t_{32} in den Fig. 29A bis 29C wird der Heizgerätemperatur R_h (oder die Heizgerätemperatur T_h) durch Rückkopplung auf den Sollwert R_{href} eingeregelt. Die Rückkopplungsregelungsroutine des Heizgerätemperatur R_h stimmt mit derjenigen aus Fig. 32 überein. Hier kann die Änderungsrate des Heizgerätemperatur R_h (d. h. die Temperaturzunahmerate des Sensorelements 60) geschützt werden, um einen vorbestimmten Maximalwert nicht zu überschreiten.

Alternativ dazu kann während der Zeitperiode zwischen t_{31} und t_{32} in den Fig. 29A bis 29C eine Heizgeräteleistung W_h durch Rückkopplungssteuerung auf einen Sollwert W_{href} geregelt werden. Diese Rückkopplungsroutine der Heizgeräteleistung W_h wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 34 beschrieben.

Zuallererst wird die Heizgeräteleistung W_h in Schritt 801 auf einen vorhergehenden Wert " W_{h0} " eingestellt; der vorliegende Wert der Heizgeräteleistung W_h wird in Schritt 802 erfaßt;

5 der Proportionalterm G_p , der Integralterm G_i und der Differenzialterm G_d werden anhand der folgenden Gleichungen in Schritt 803 bestimmt:

$$G_p = K_p \cdot (W_{href} - W_h);$$

$$10 \quad G_i = G_i + K_i \cdot (W_{href} - W_h); \text{ und}$$

$$G_d = K_d \cdot (W_{h0} - W_h).$$

Das Leistungsverhältnis DUTY wird in Schritt 804 durch Aufsummieren des Proportionalterms G_p , des Integralterms G_i und des Differenzialterms G_d berechnet. Zu dieser Zeit kann die Änderungsrate der Heizgeräteleistung W_h (entsprechend der Temperaturzunahmerate des Sensorelements 60) davor geschützt werden, einen vorbestimmten Maximalwert nicht zu überschreiten.

20 In diesem Fall wird die Heizgeräteleistung W_h jedoch durch Multiplizieren der Heizgerätespannung V_h durch den Heizgerätestrom I_h bestimmt. Die Heizgeräteleistung W_h kann durch die akkumulierte Heizgeräteleistung vom Einschalten des Zündschalters an ersetzt werden. Demgemäß ist es möglich, die Temperaturzunahmekennlinien des Sensors zu halten und den Nachteil wie den Elementenbruch zu unterdrücken.

(Siebtes Ausführungsbeispiel)

In den ersten bis dritten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird die Rückkopplungsregelung bei der konstanten Elementetemperatur (oder dem konstanten Elementewiderstand) anstelle der herrschenden Heizgerätesteuering gemäß der Temperaturzunahmerate (Temperaturzunahmgeschwindigkeit) des Sensorelements nach der Sensoraktivierung ausgeführt. Dieses Merkmal wird im siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung geändert. Beispielsweise kann die Heizgeräteregeung sogar nach der Sensoraktivierung gemäß der Temperaturzunahmerate des Sensorelements statt dessen kontinuierlich ausgeführt werden.

(Achstes Ausführungsbeispiel)

45 Der "AC-Elementewiderstand ZAC" wird in den obigen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung erfaßt, um den Elementewiderstand des A/F-Sensors 30 zu erfassen. Jedoch wird der "DC-Elementewiderstand R_i " in einem achten Ausführungsbeispiel der Erfassung des "AC-Elementewiderstandes ZAC" erfaßt. Genauer gesagt wird die R_i -Erfassungsroutine, wie in Fig. 35 gezeigt ist, anstelle der Routine (Schritt 130 in Fig. 10) aus Fig. 12 ausgeführt. Genauer gesagt legt die ECU 20 in Fig. 35 im Schritt 901 eine negative Spannung V_n an das Sensorelement 60 an. Diese Spannung V_n hat einen Wert in einem widerstandsdominierenden Bereich, der außerhalb des Grenzstromerzeugungsbereiches liegt, wie beispielsweise $V_n =$ ungefähr $-0,3$ bis -1 [V]. Darüber hinaus wartet die ECU 20 in Schritt 902 eine Zeitperiode t_1 ab (beispielsweise mehrere zehn bis mehrere hundert ms), bis der Spitzenstrom unmittelbar nach der Spannungsänderung vollständig konvergiert ist und erfaßt den Stromwert in Schritt 903.

50 Danach bringt die ECU 20 die angelegte Spannung in Schritt 904 von der negativen Spannung V_n zur anfänglichen positiven Spannung V_p zurück. Darüber hinaus wartet die ECU 20 (bei Schritt 905) eine Zeitperiode t_2 (beispielsweise mehrere zehn bis mehrere hundert ms) ab, bis der

Spitzenstrom unmittelbar nach der Spannungsänderung vollständig konvergiert ist, und berechnet anschließend bei Schritt 906 den DO-Elementewiderstand R_i aus der negativen Spannung V_n und dem Stromwert I_n (oder einem negativen Stromwert) ($R_i = V_n/I_n$).

Wenn der DC-Elementewiderstand wie vorstehend beschrieben erfaßt wird, wird die Konstruktion, in der eine einfache Wechselspannung in einem vorbestimmten Frequenzbereich an das Sensorelement 60 angelegt wird, überflüssig, um das LPF 22 in Fig. 1 wegzulassen.

In den vorstehend genannten einzelnen Ausführungsbeispielen enthält die Gasdiffusionswiderstandsschicht 62 die gasdurchlässige Schicht 62a und die Gasabschirmschicht 62b, wie unter Bezugnahme auf die Fig. 3 beschrieben wurde. Jedoch kann die Gasabschirmschicht 62b weggelassen werden. In den Ausführungsbeispielen ist die Erfindung darüber hinaus in dem A/F-Sensor des laminierten Typs verkörpert. Jedoch kann sie statt dessen in einem A/F-Sensor der Tassenbauart verkörpert werden.

In den vorgenannten einzelnen Ausführungsbeispielen ist die Erfindung in den A/F-Sensor zum Abgeben eines linearen Grenzstroms in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration (dem Luft-/Kraftstoffverhältnis) verkörpert. Jedoch kann sie in einem O_2 Sensor zur Abgabe von unterschiedlichen Spannungssignalen in Abhängigkeit davon, ob das Luft-/Kraftstoffverhältnis fett oder mager ist, verkörpert werden. Die Erfindung kann ferner in einem NO_x -Sensor zur Erfassung der NO_x -Konzentration im Abgas oder dem sogenannten "komplexen Sensor" zur Erfassung von verschiedenen Komponenten wie NO_x , HC und O_2 verkörpert werden. Die Erfindung kann ferner auf ein System zur Messung der Konzentration der Gaskomponenten von anderen Gasen, die keine Abgase sind, angewandt werden.

Darüber hinaus wird in den vorgenannten einzelnen Ausführungsbeispielen das Leistungsverhältnis DUTY mit dem Kompensationswert FK oder dem Lernwert FLRN (Schritt 144 und 146 in Fig. 13) kompensiert. Jedoch kann die Kompensation weggelassen werden.

In den vorgenannten einzelnen Ausführungsbeispielen wird die PID-Regelung für die verschiedenen Rückkopplungsregelungen ausgeführt. Jedoch kann die PID-Regelung durch irgendeine andere Regelung wie die PI-Regelung oder die P-Regelung ersetzt werden.

Ein Sensorelement 60 eines A/F-Sensors 30 ist so aufgebaut, daß ein Festelektrolyt und ein Heizgerät 64 laminiert und integriert sind. Der A/F-Sensor 30 gibt ein lineares A/F-Erfassungssignal ab, das proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas ist, wenn eine Spannung angelegt wird. Eine ECU 20 steuert das Heizgerät 64 durch die Heizgerätesteuerschaltung 25, um das Sensorelement 60 auf eine vorbestimmte Aktivierungstemperatur zu halten. Die ECU 20 umfaßt einen Elementewiderstand auf der Grundlage der Spannung, die an das Sensorelement 60 angelegt wird, und eines Sensorstromes, der durch das Anlegen der Spannung hervorgerufen wird, und wandelt den Elementewiderstand in eine Elementetemperatur um. Während der Temperaturzunahme des A/F-Sensor 30 wird die Stromlieferung an das Heizgerät 64 leistungsgesteuert, in Abhängigkeit von der Elementetemperaturänderungsrate (der Temperaturänderungsrate des Sensorelements 60). Demgemäß werden die Temperaturzunahmekennlinien des Sensors 30 zufriedenstellend aufrecht erhalten und Nachteile wie ein Elementebrech werden verhindert.

Patentansprüche

1. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät, das die folgenden Bauteile aufweist:

einen Sensor (30) der ein Sensorelement (60), das aus einem Festelektrolyt (61) hergestellt ist, zur Messung einer Konzentration einer spezifischen Gaskomponente, die gemessen werden soll;

ein Heizgerät (64) zum Erwärmen des Sensorelements (60) gemäß einer Stromversorgung; und

eine Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) zur Steuerung der Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der Temperaturzuwachsrate des Sensorelements (60).

2. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß Anspruch 1, des weiteren gekennzeichnet durch:

eine Sensoränderungsratenbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 130) zur Erfassung einer Temperatur und eines Widerstandes des Sensorelements (60) und zur Bestimmung einer Änderungsrate der erfaßten Temperatur oder des erfaßten Widerstandes, wobei die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) die Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der Änderungsrate steuert, die durch die Sensoränderungsratenbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 130) bestimmt wird.

3. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß Anspruch 1, des weiteren gekennzeichnet durch:

eine Temperaturdifferenzbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 500) zur Erfassung einer Temperatur des Sensorelements (60) und einer Temperatur des Heizgerätes (30) und zur Bestimmung einer Temperaturdifferenz zwischen der Sensorelementetemperatur und der Heizgerätemperatur, wobei die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) die Stromlieferung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz steuert, die durch die Temperaturdifferenzbestimmungsvorrichtung bestimmt wurde.

4. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß Anspruch 1, des weiteren gekennzeichnet durch:

eine Widerstandsdifferenzbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 500) zur Erfassung eines Widerstandes des Sensorelements (60) eines Widerstandes eines Heizgerätes (64) und zur Bestimmung einer Widerstandsdifferenz zwischen dem Sensorelementewiderstand und dem Heizgerätwiderstand, wobei die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) die Stromlieferung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der Widerstandsdifferenz steuert, die durch die Widerstandsdifferenzbestimmungsvorrichtung bestimmt wurde.

5. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) eine Steuerung mit offenem Regelkreis für eine Änderungsrate einer Sensorelementetemperatur oder eines Sensorelementewiderstandes ausführt, solange der Sensorelementewiderstand während einer Temperaturzunahme des Sensorelements (60) von einem kalten Zustand des Sensors (30) erfaßt wird.

6. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß Anspruch 1, des weiteren gekennzeichnet durch:

eine Heizgeräteänderungsratenbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 600) zur Erfassung einer Temperatur und eines Widerstandes eines Gerätes (64) und zur Bestimmung einer Änderungsrate der erfaßten Heizgerätemperatur oder des erfaßten Heizgerätwiderstandes, wobei

die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) die Stromlieferung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der Änderungsrate steuert, die von der Heizgeräteänderungsratenbestimmungsvorrichtung bestimmt wurde.

7. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß

einem der Ansprüche 1 bis 6, des weiteren gekennzeichnet durch:

eine Temperaturzuwachsbestimmungsvorrichtung (20; Schritt 141) zur Feststellung, ob sich der Sensor (30) unter einer Temperaturzunahme oder unter einem beständigen Zustand nach der Temperaturzunahme befindet, wobei die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) die Stromversorgung an das Heizgerät (64) steuert, um eine Rückkopplungsregelung auszuführen, die eine Temperatur des Sensorelements (60) unter dem beständigen Zustand nach dem Temperaturanstieg mit einer Solltemperatur in Übereinstimmung bringt.

8. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung für das Heizgerät (64) begrenzt ist, wenn die Temperaturzuwachsrate des Sensorelements (60) einen vorbestimmten Wert überschreitet.

9. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung für das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von der notwendigen Zeitperiode kompensiert wird, um den Sensor (30) vom kalten Zustand des Sensors (30) zu aktivieren.

10. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät für ein Luft-/Kraftstoffverhältnisteuersystem eines Motors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät bei einer Kraftstoffunterbrechung des Motors zur Bestimmung eines inneren Widerstandes des Sensors (30) von einem Sensorstrom, der durch diese angelegte Spannung erhalten wird, eine Spannung in einem widerstandsdominanten Bereich des Sensors (30) anlegt, und daß die Stromversorgung an das Heizgerät (64) basierend auf dem bestimmten inneren Widerstand des Sensors (30) kompensiert wird.

11. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät für ein Luft-/Kraftstoffverhältnisteuersystem eines Motors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung an das Heizgerät (64) gemäß einer Differenz zwischen einer Stromlieferungsmenge an das Heizgerät (64) bei einem beständigen Zustand des Motors und einem vorbestimmten Standardwert des Stromlieferungsbetrages an das Heizgerät (64) kompensiert wird.

12. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lernwert, der der Kompensation entspricht, in einem Sicherungsspeicher (20a) gespeichert ist, und daß die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) den Lernwert von dem Sicherungsspeicher (20a) ausliest, um die Stromversorgung zu steuern.

13. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät, das die folgenden Bauteile aufweist:

einen Sensor (30), der ein Sensorelement (60) enthält, das aus einem Festelektrolyt (61) hergestellt ist, zur Messung einer Konzentration in der spezifischen Gaskomponente, die gemessen werden soll;

ein Heizgerät (64) zum Erwärmen des Sensorelements (60) auf eine Aktivierungstemperatur gemäß einer Stromversorgung; und

eine Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) zur Steuerung der Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von einer Temperaturzuwachsrate des Sensorelements (60), wobei die Stromversorgung an das Heizgerät (64) gemäß einer Dauer von einem kalten Zustand zum Aktivierungszustand des Sensors (30) kompensiert wird.

14. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät für ei-

nen Motor, das die folgenden Bauteile aufweist:

einen Sensor (30), der ein Sensorelement (60) enthält, das aus einem Festelektrolyt (61) hergestellt ist, zur Messung einer Konzentration an einer spezifischen Gaskomponente, die gemessen werden soll;

ein Heizgerät (64) zum Erwärmen des Sensorelements (60) auf eine Aktivierungstemperatur gemäß einer Stromlieferung; und

eine Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) zur Steuerung der Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von einer Temperaturzuwachsrate des Sensorelements (60), wobei

das Gerät bei einer Kraftstoffunterbrechung des Motors eine Spannung an einen widerstandsdominanten Bereich des Sensors (30) anlegt, zur Bestimmung eines inneren Widerstandes des Sensors (30) von einem Sensorstrom, der durch diese angelegte Spannung erhalten wird, und

wobei die Stromversorgung an das Heizgerät (64) basierend auf dem bestimmten inneren Widerstand des Sensors (30) kompensiert wird.

15. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät für einen Motor, das die folgenden Bauteile aufweist:

einen Sensor (30), der ein Sensorelement (60) enthält, das aus einem Festelektrolyt (61) hergestellt ist, zur Messung einer Konzentration an einer spezifischen Gaskomponente, die gemessen werden soll;

ein Heizgerät (64) zum Erwärmen des Sensorelements (60) auf eine Aktivierungstemperatur gemäß einer Stromlieferung; und

eine Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) zur Steuerung der Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von einer Temperaturzuwachsrate des Sensorelements (60), wobei die Stromversorgung an das Heizgerät (64) in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen einer Stromversorgungsmenge an das Heizgerät (64) bei einem beständigen Zustand des Motors und einem vorbestimmten Standardwert der Stromversorgungsmenge an das Heizgerät (64) kompensiert wird.

16. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Lernwert, der der Kompensation entspricht, in einem Sicherungsspeicher (20a) gespeichert ist, und daß die Heizgerätesteuervorrichtung (20, 25) den Lernwert von dem Sicherungsspeicher (20a) ausliest, um die Stromlieferung zu steuern.

17. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 10 und 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung an das Heizgerät (64) weiterhin in Abhängigkeit von einer Stromversorgungsspannung kompensiert wird.

18. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 10 und 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung an das Heizgerät (64) ferner in Abhängigkeit von einer Temperatur der spezifischen Gaskomponente, die gemessen werden soll, kompensiert wird.

19. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 10 und 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung an das Heizgerät (64) ferner in Abhängigkeit von einem Aktivierungszustand des Sensors (30) während einer Temperaturzunahme des Sensorelements (60) von einem kalten Zustand des Sensors (30) weiter kompensiert wird.

20. Gaskomponentenkonzentrationsmeßgerät gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (30) durch Laminieren des Heizge-

rätes (64) auf das Sensorelement (60) aufgebaut ist, um das Festelektrolyt (61) mit dem Heizgerät (64) zu vereinen.

Hierzu 27 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 2

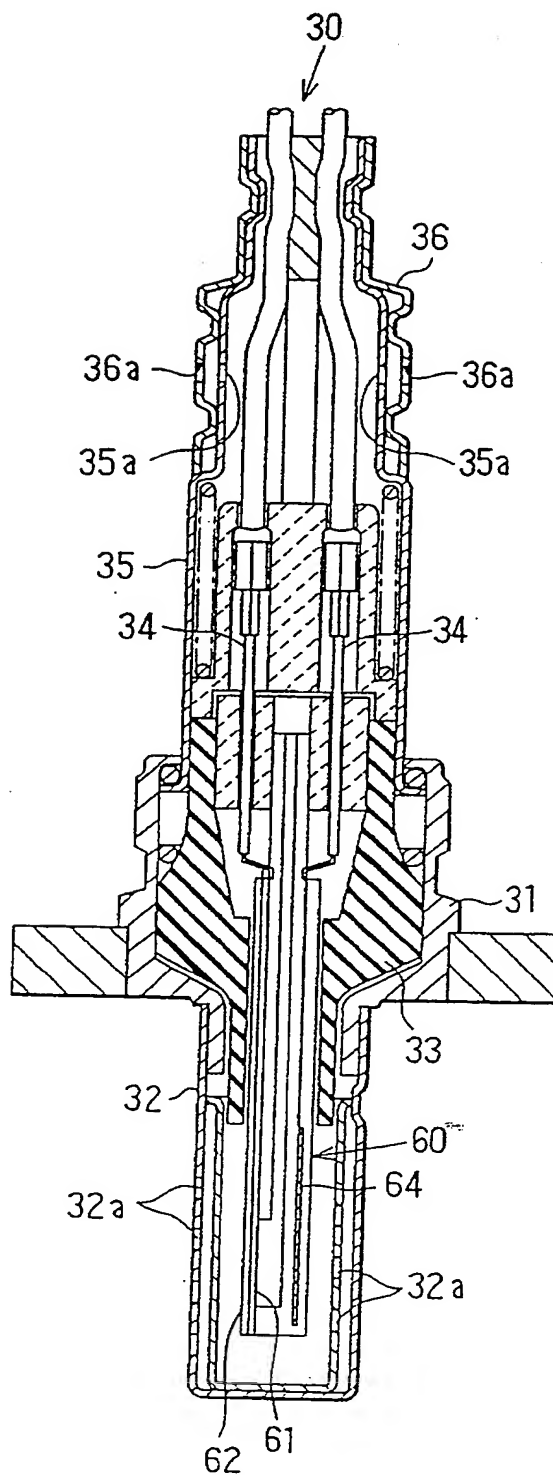


FIG. 1

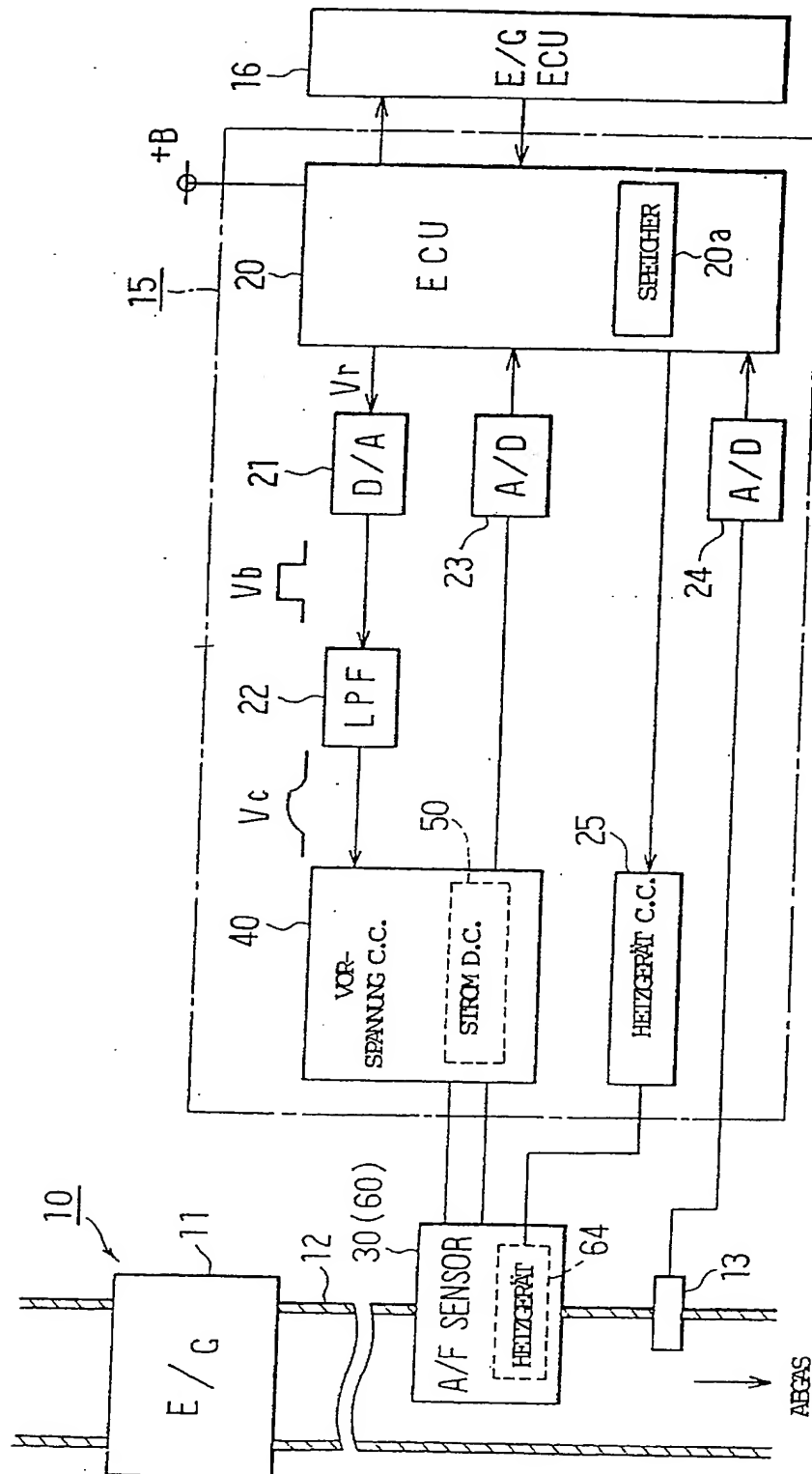


FIG. 3

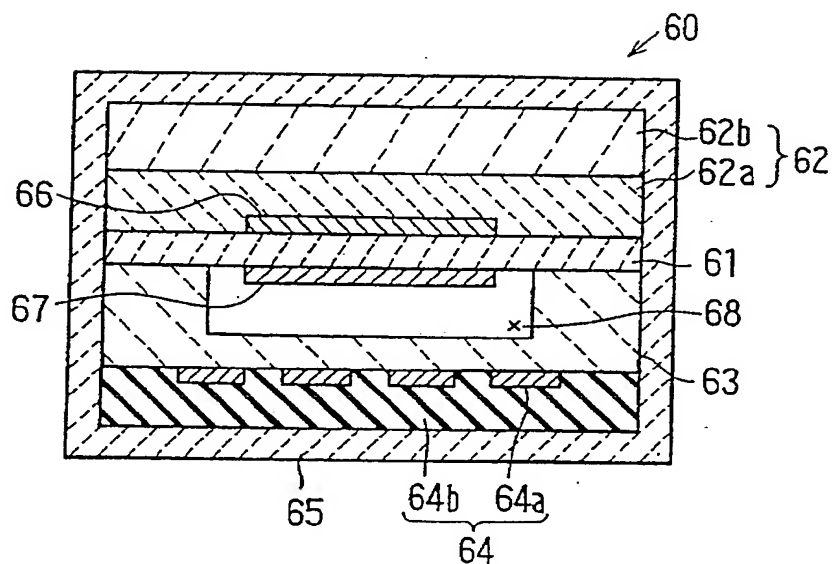


FIG. 4

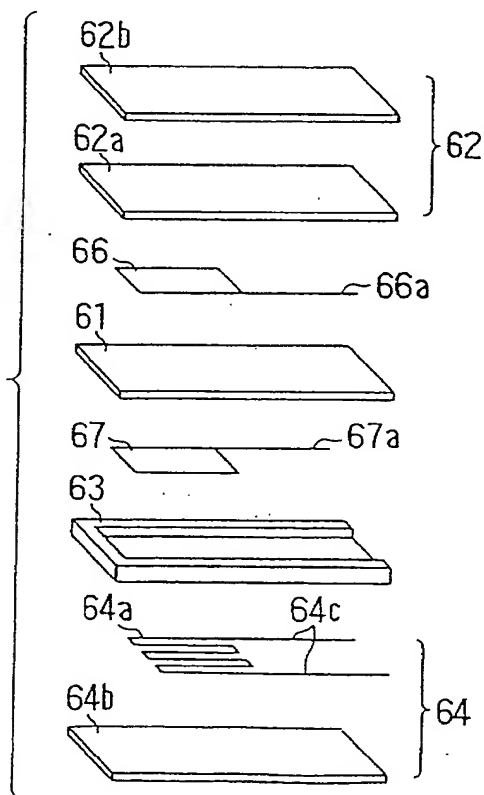


FIG. 5

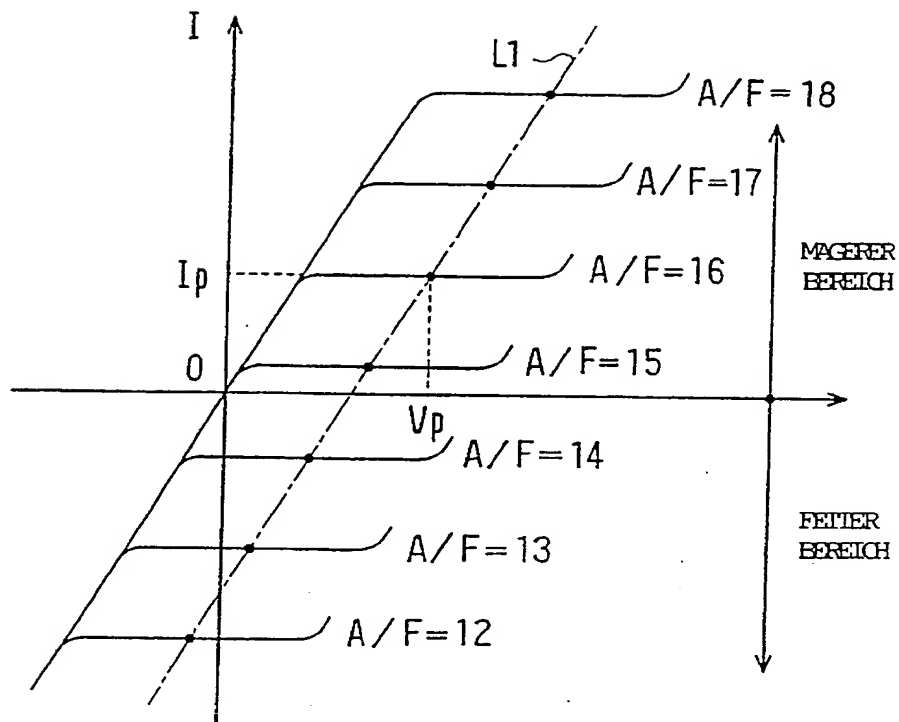


FIG. 6

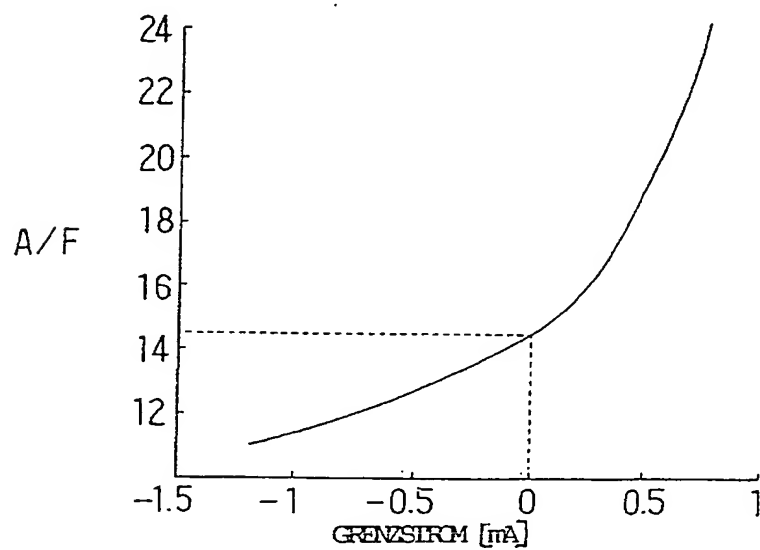


FIG. 7

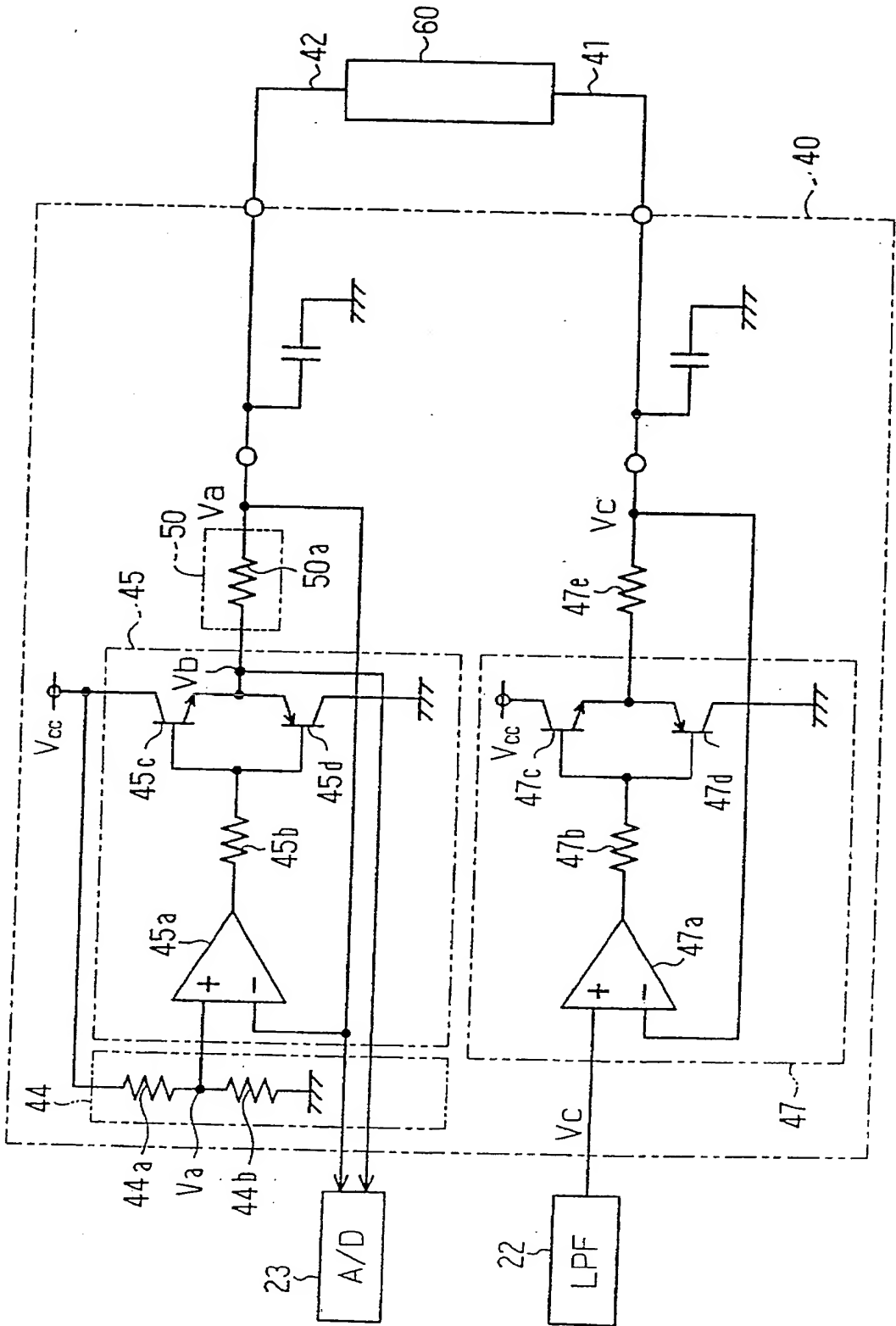


FIG. 8

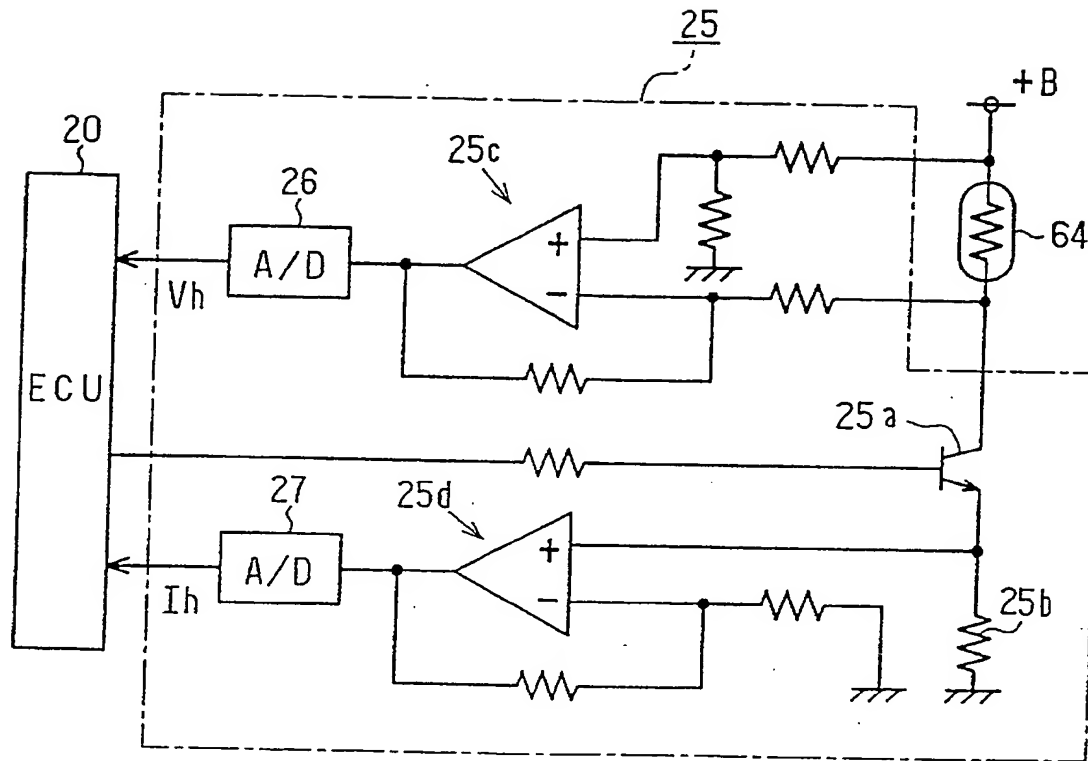


FIG. 9A

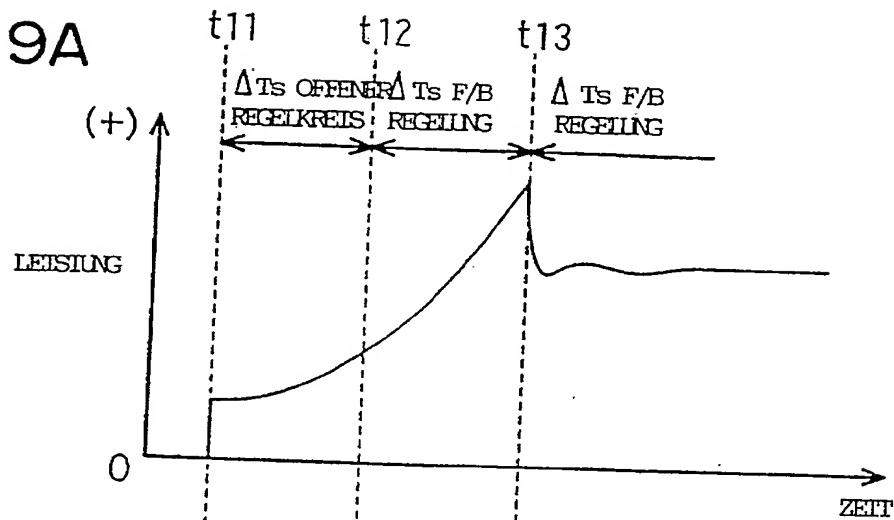


FIG. 9B

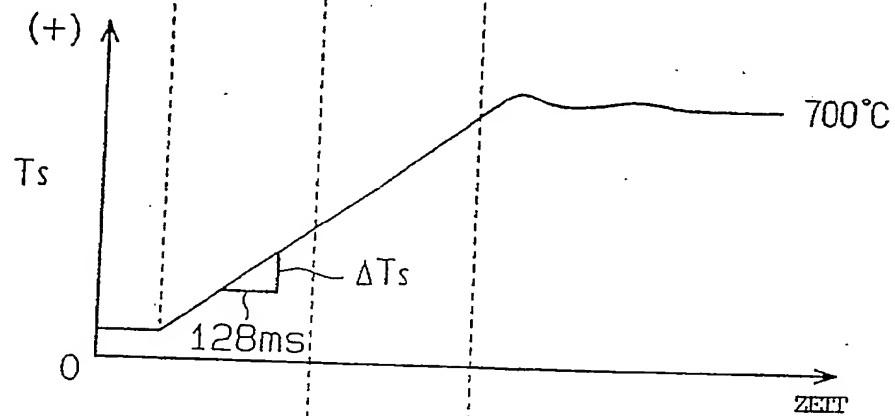


FIG. 9C

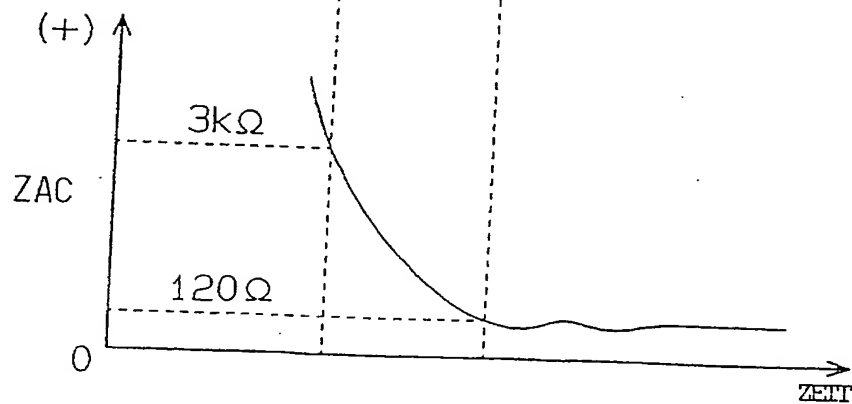


FIG. 10

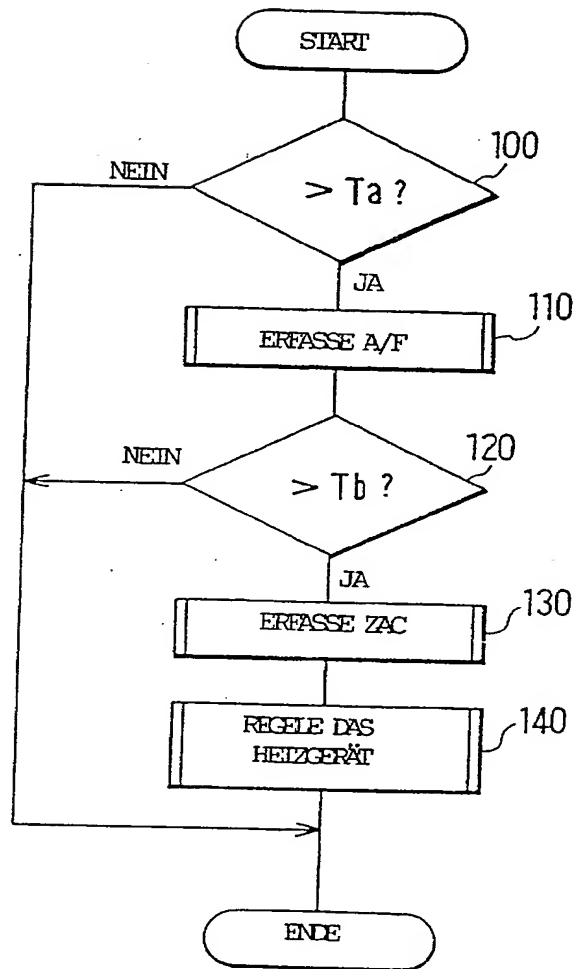


FIG. 11

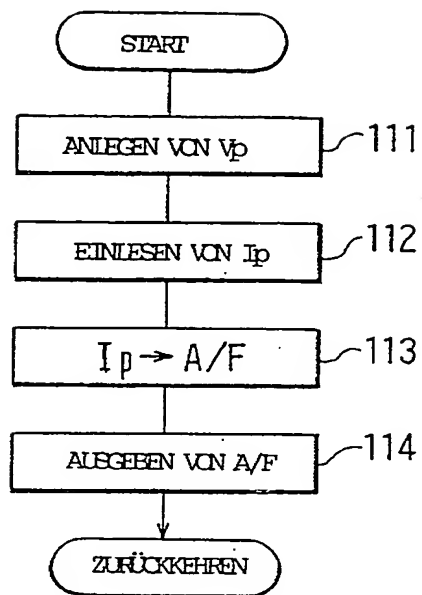


FIG. 12

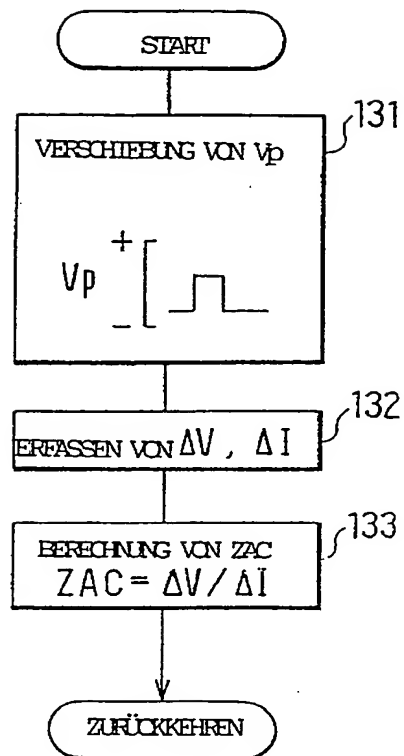


FIG. 13

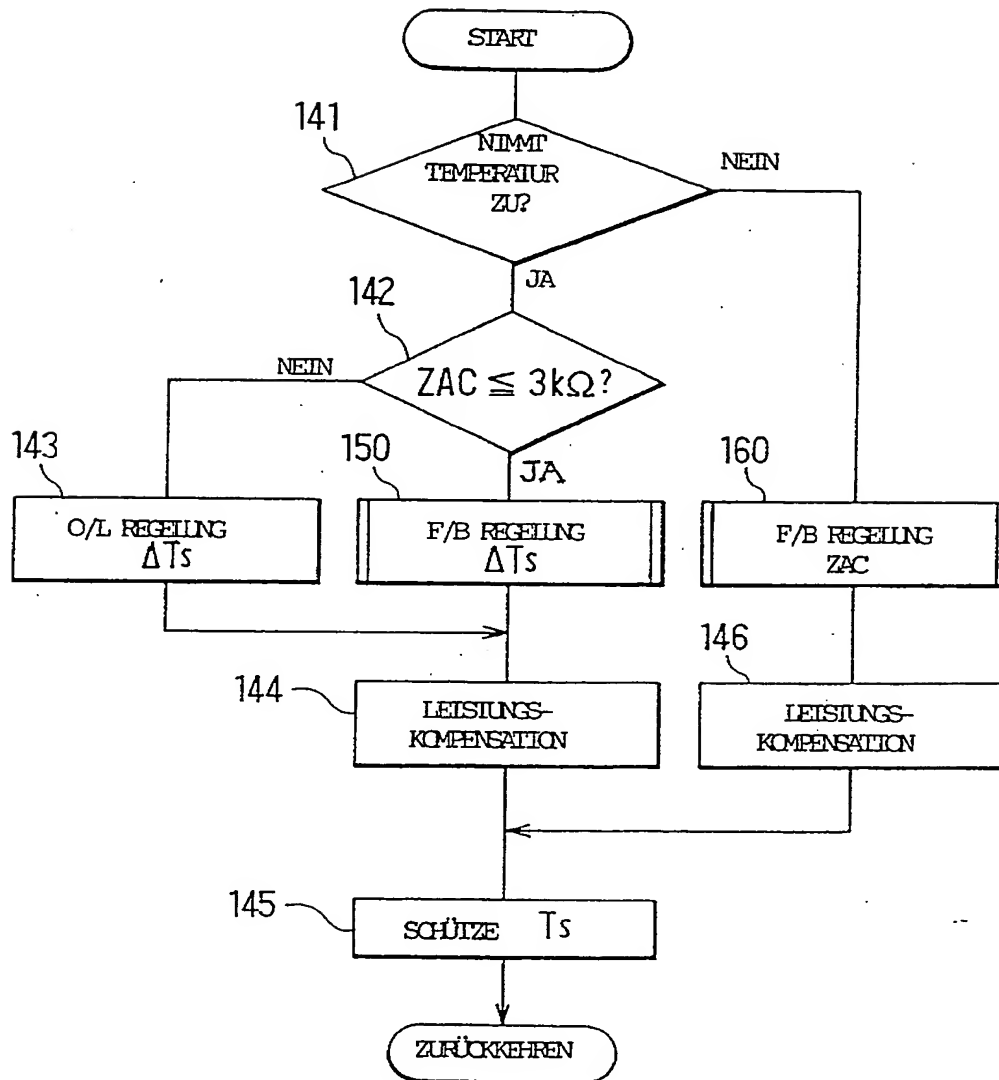


FIG. 14

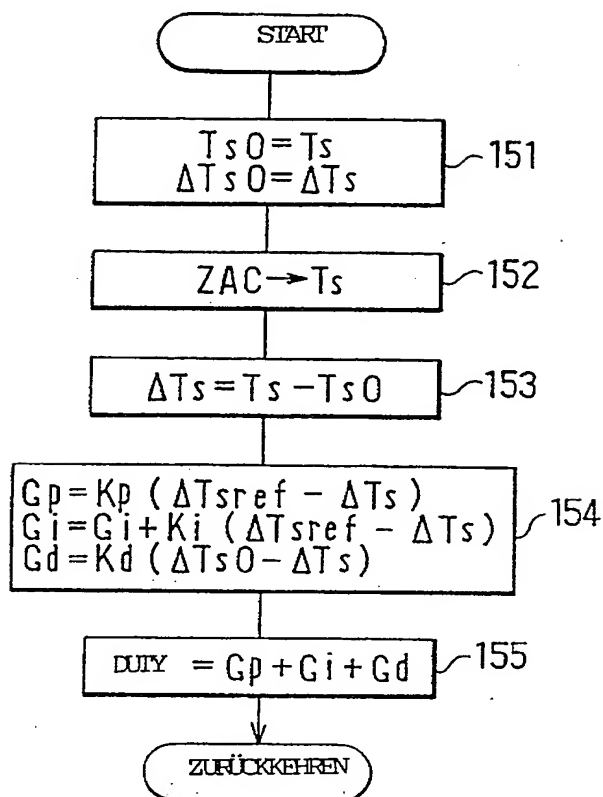


FIG. 15

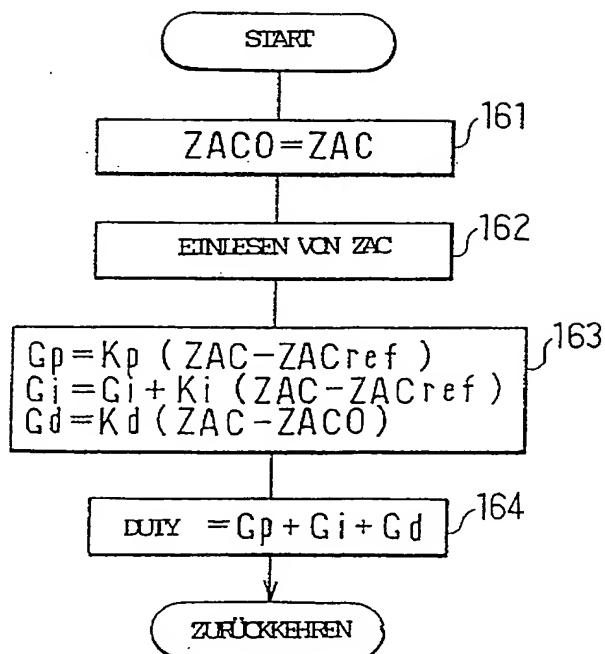


FIG. 16

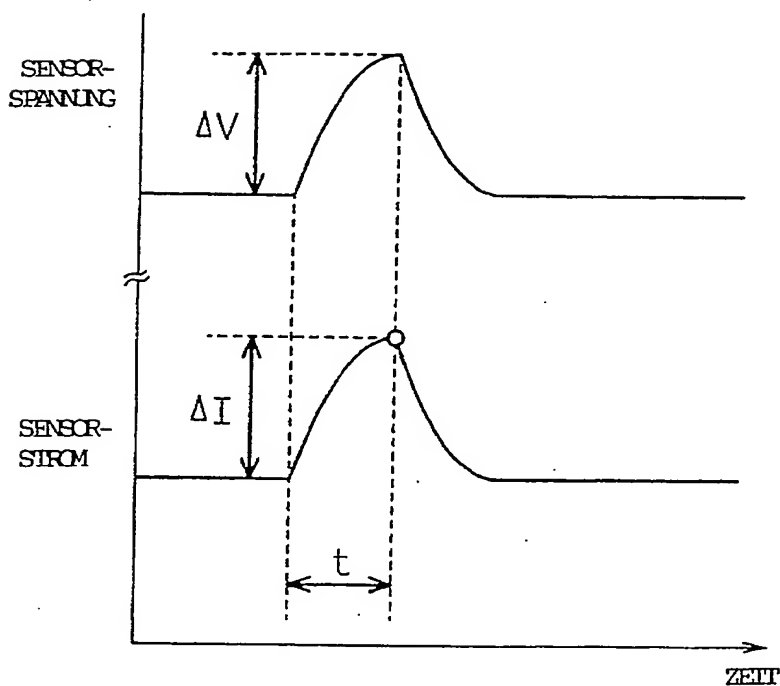


FIG. 17

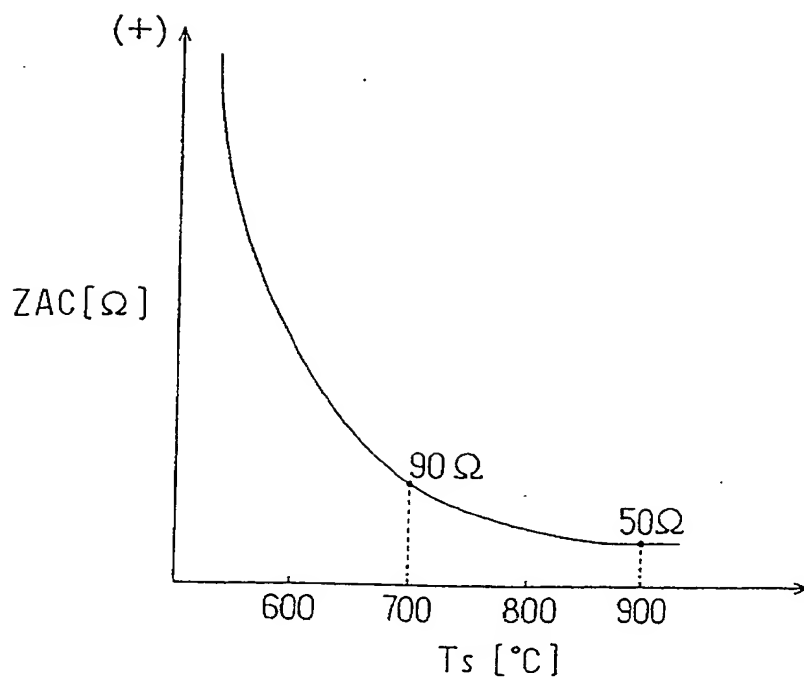


FIG. 18A

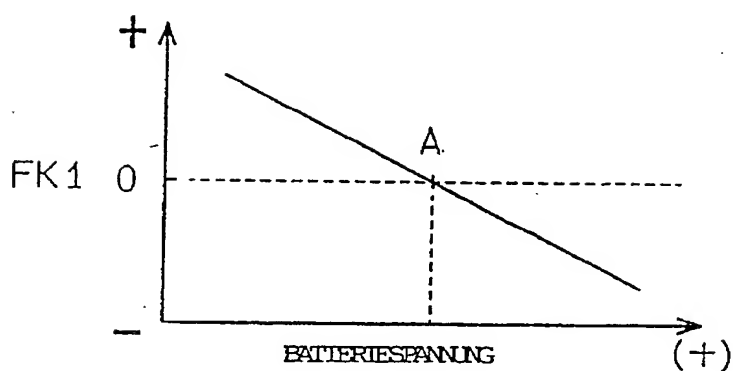


FIG. 18B

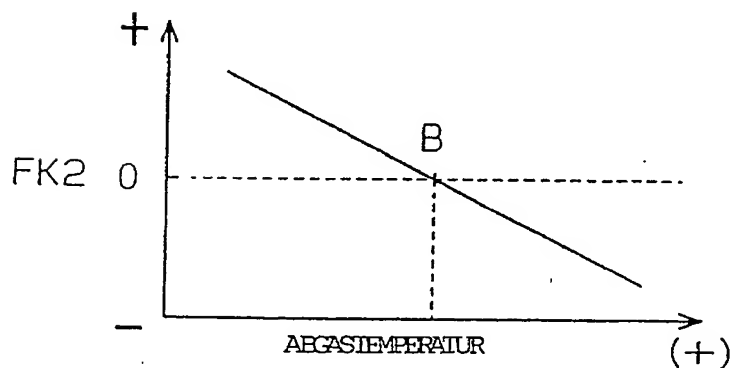


FIG. 18C

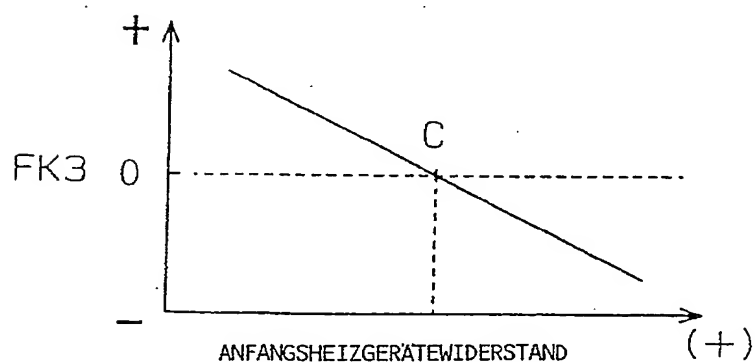


FIG. 18D

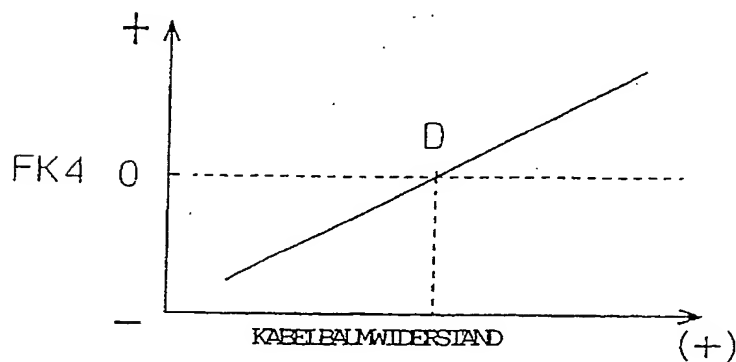


FIG. 19

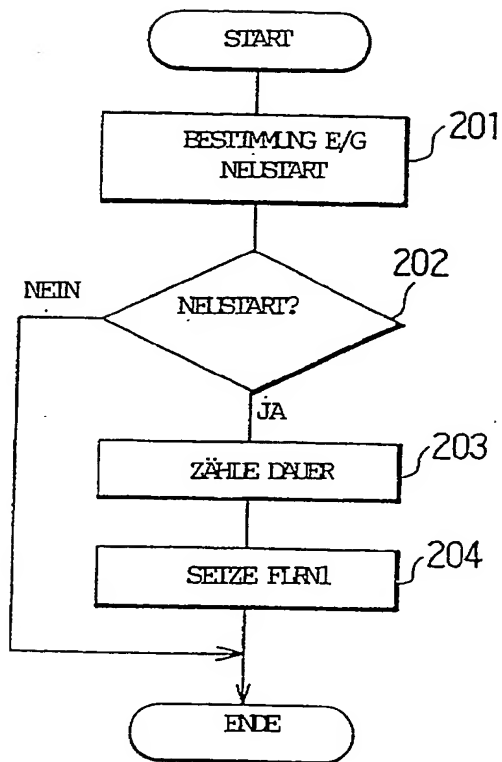


FIG. 20

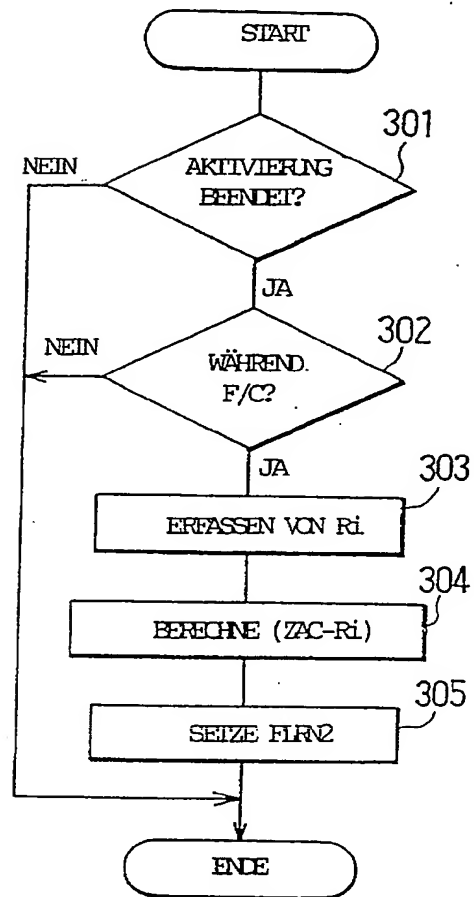


FIG. 21

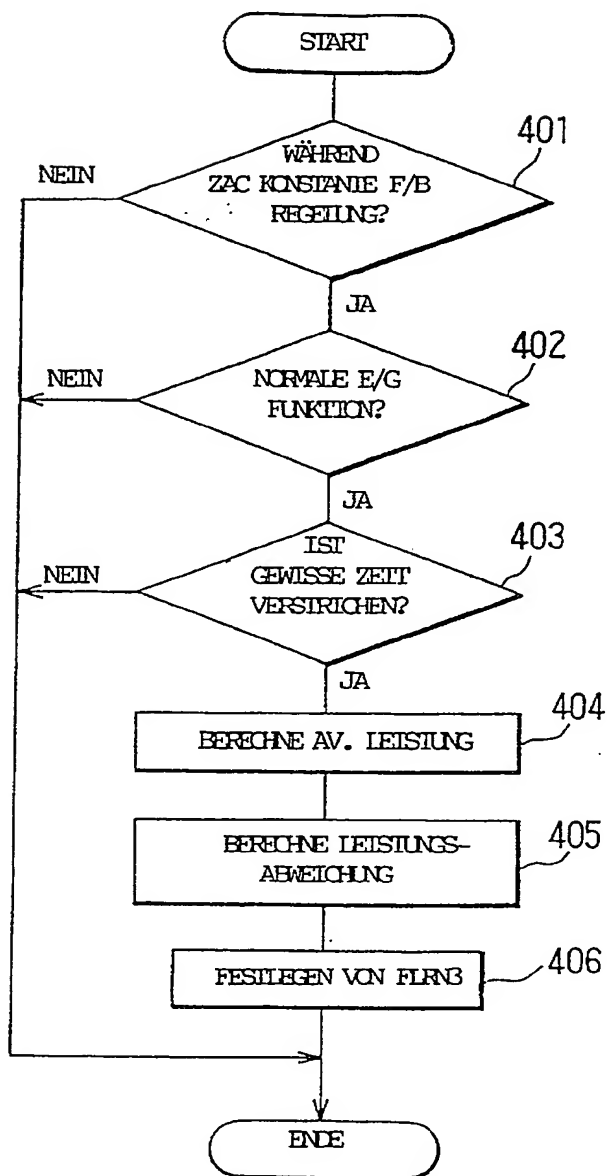


FIG. 22A

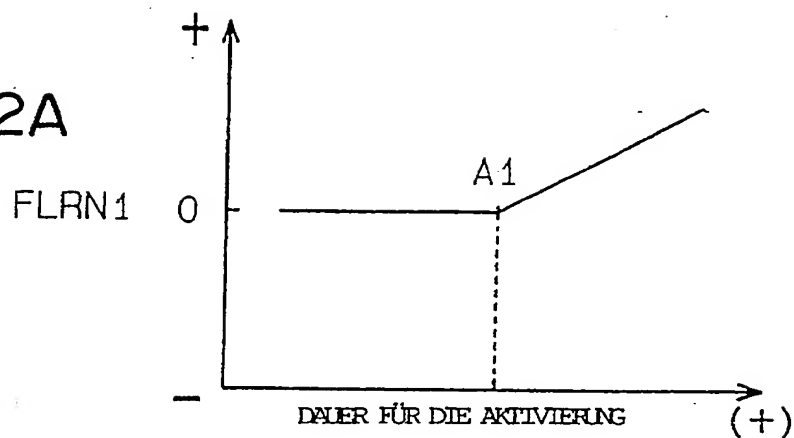


FIG. 22B

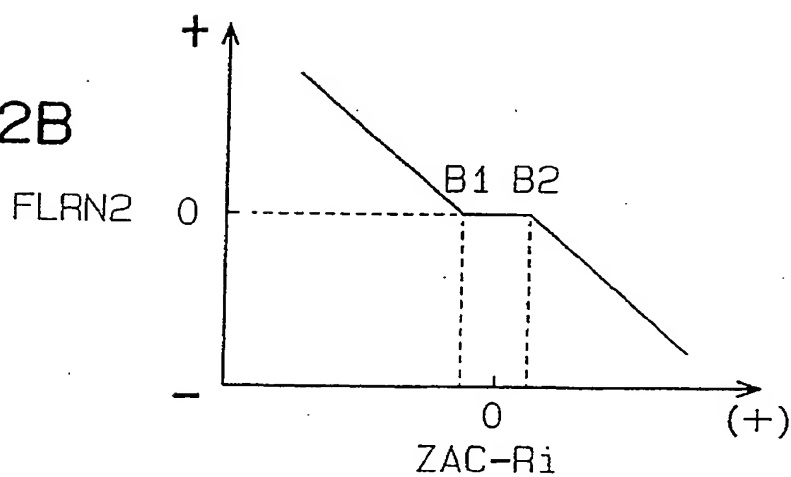


FIG. 22C

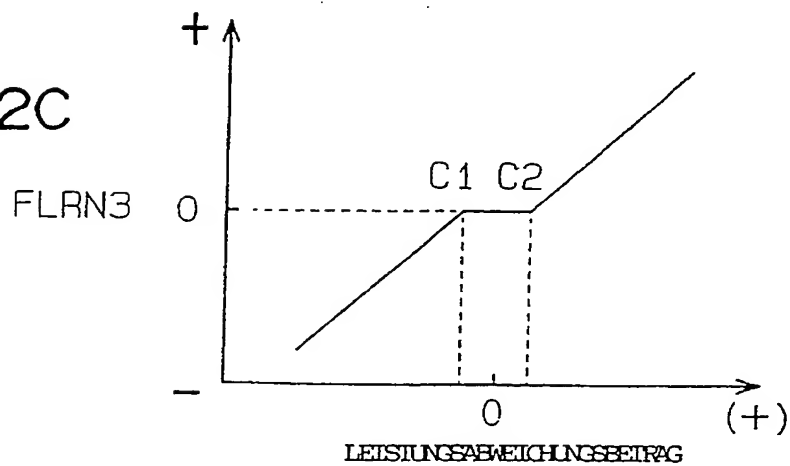


FIG. 23A

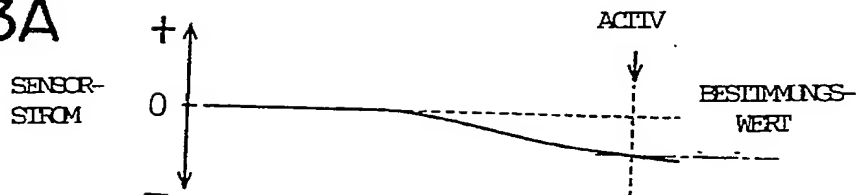


FIG. 23B



FIG. 23C



FIG. 23D

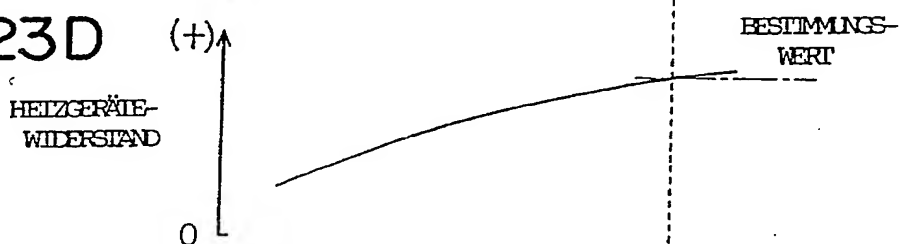


FIG. 23E

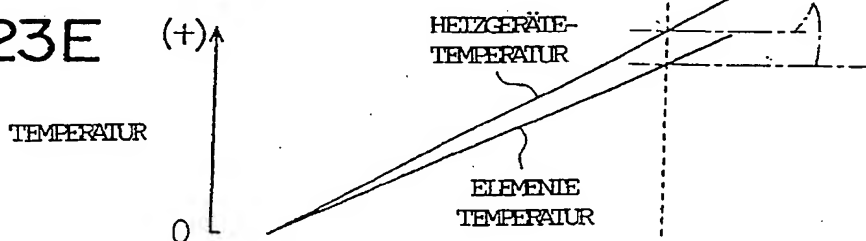


FIG. 23F

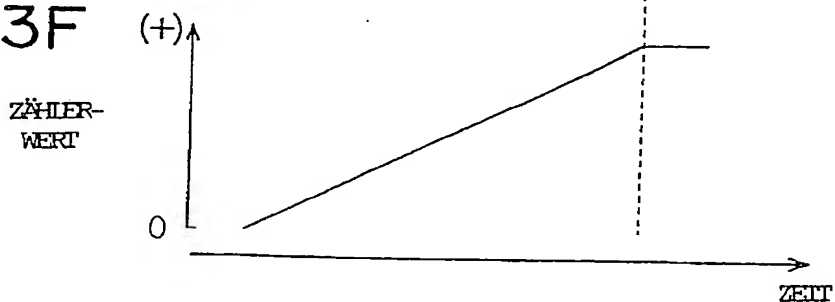


FIG. 24

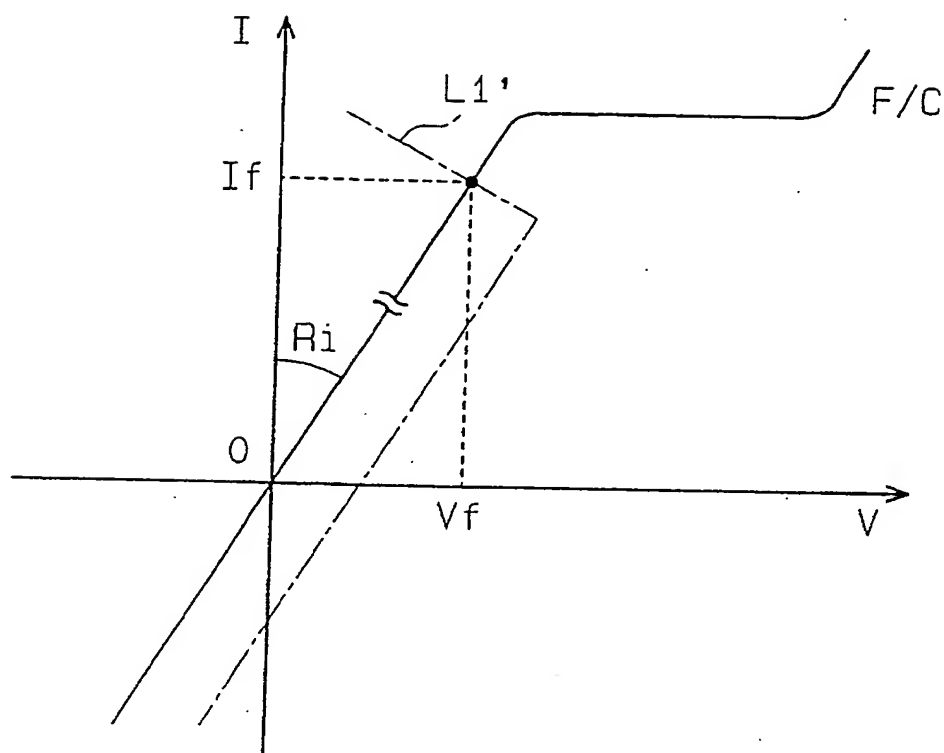


FIG. 25A

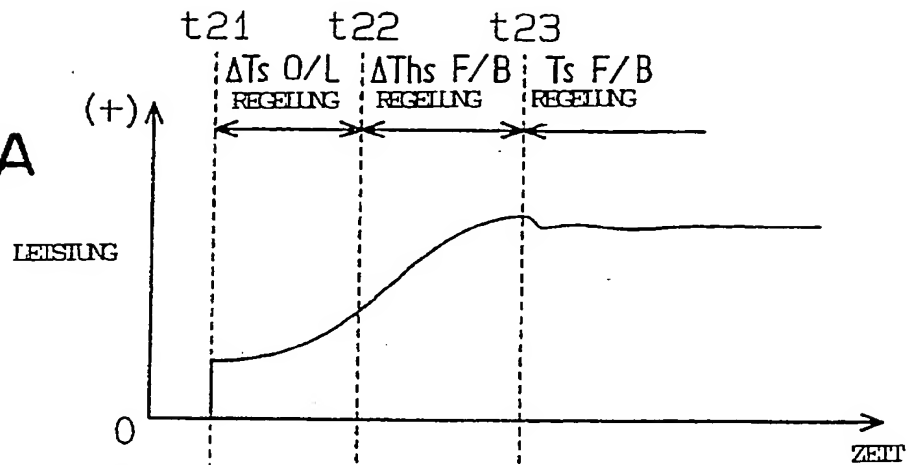


FIG. 25B

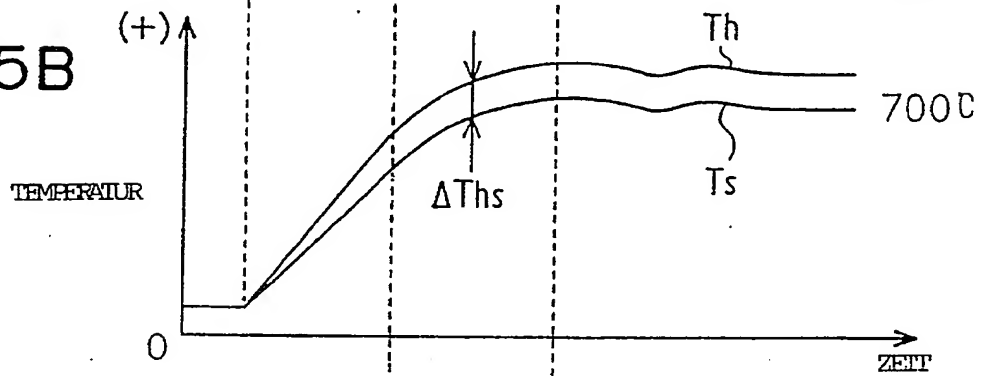


FIG. 25C

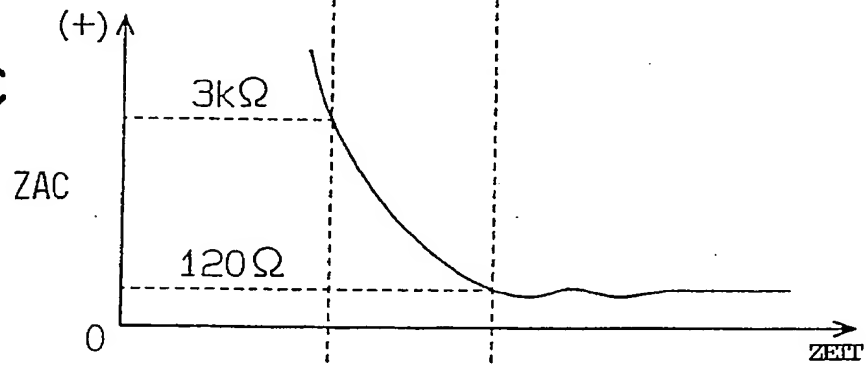


FIG. 25D

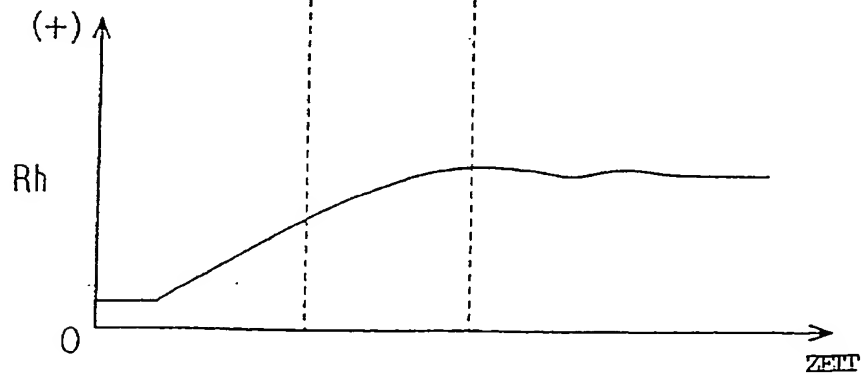


FIG. 26

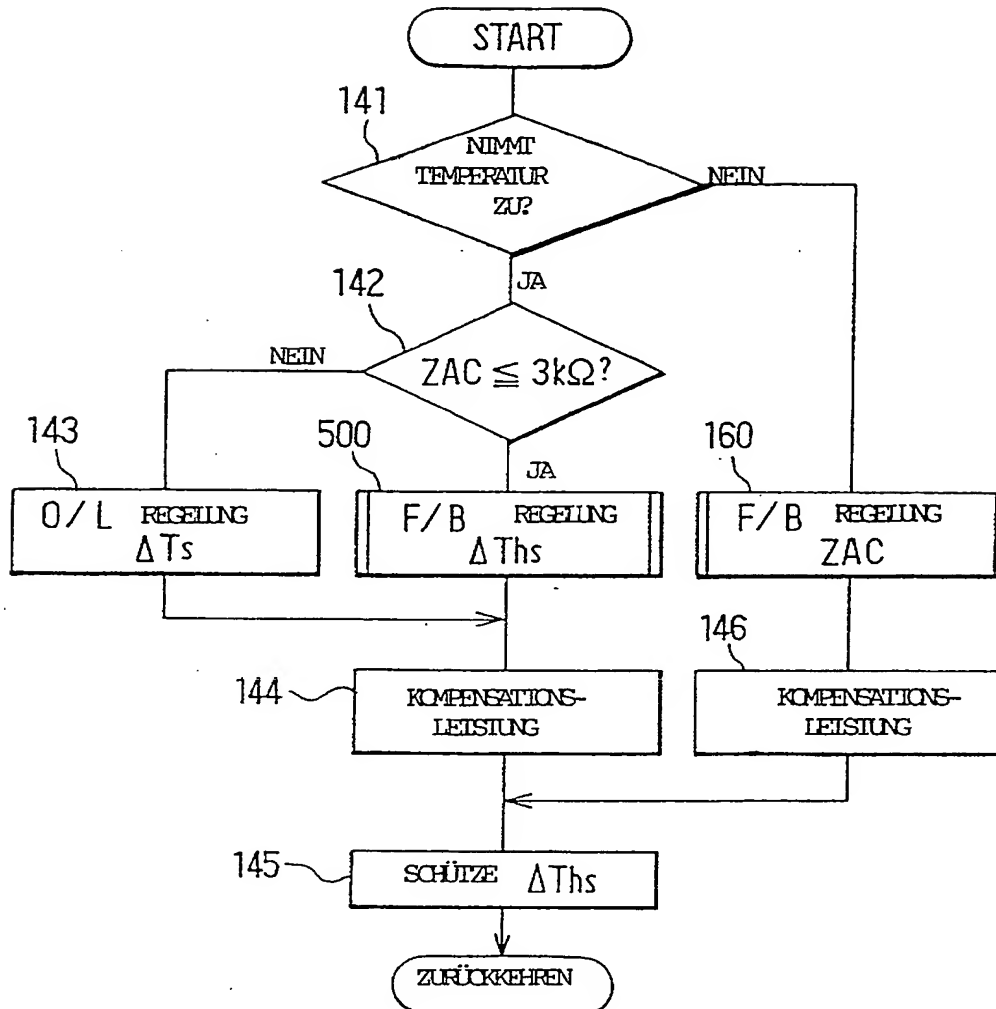


FIG. 27

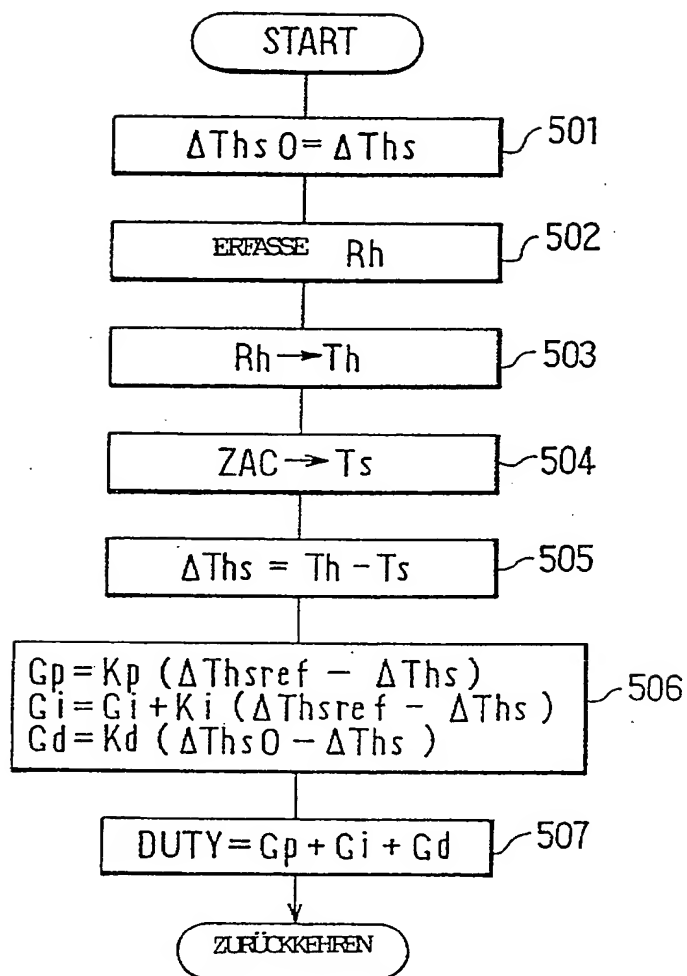


FIG. 28

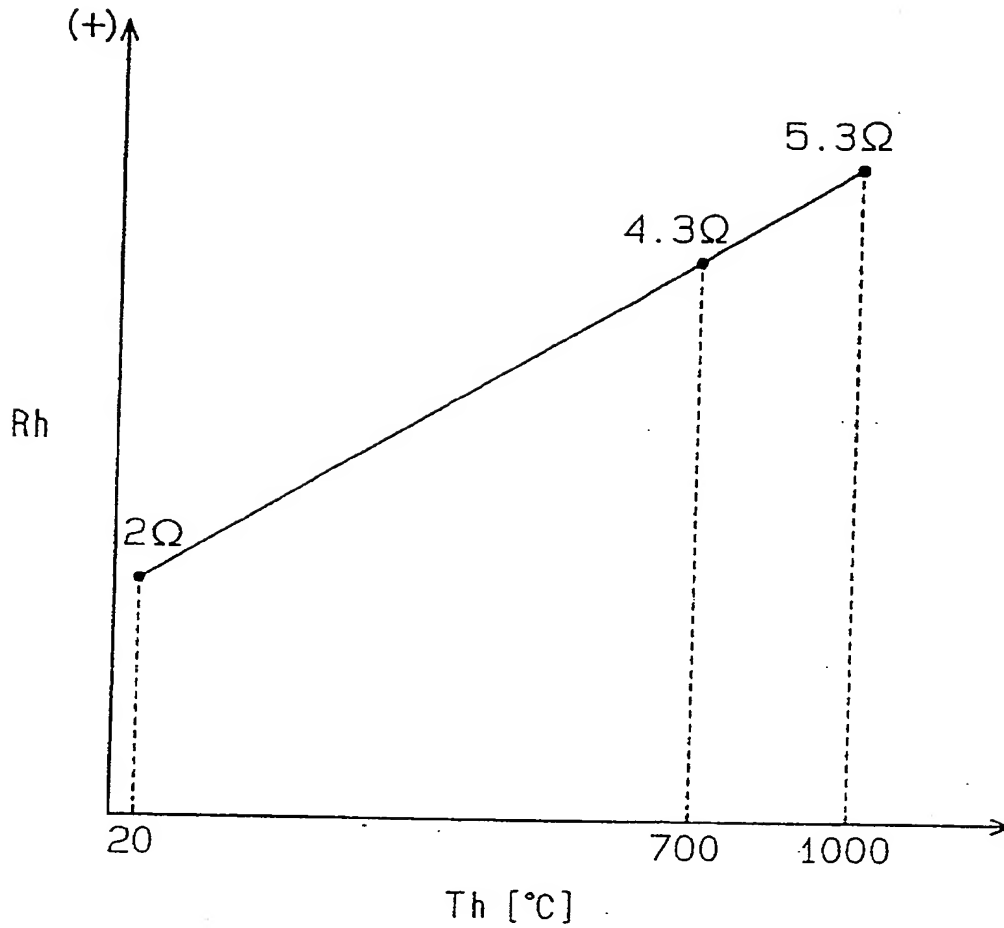


FIG. 29A

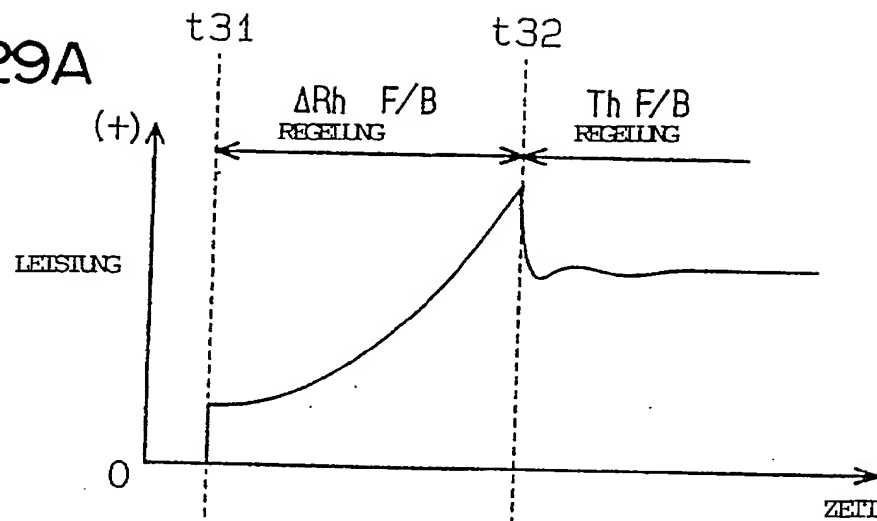


FIG. 29B

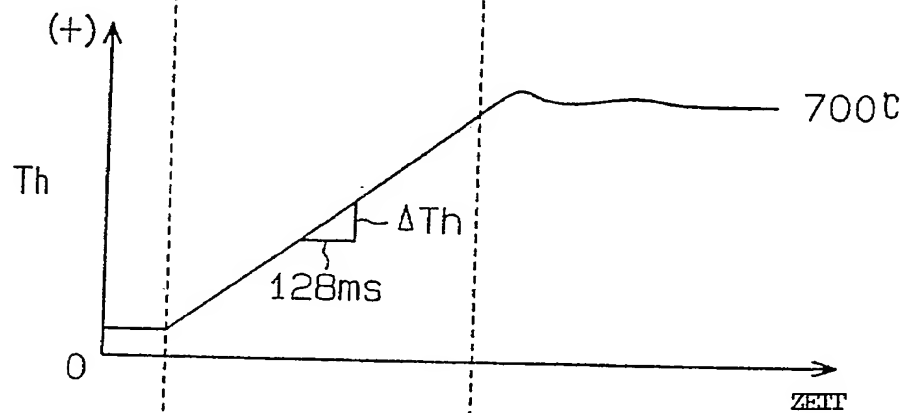


FIG. 29C

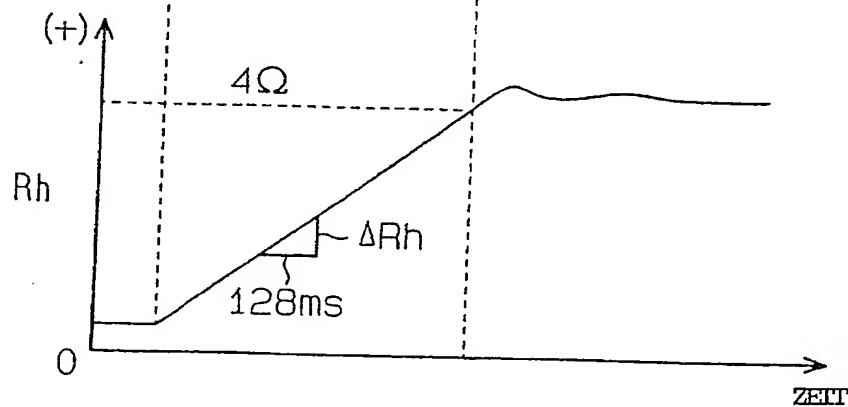


FIG. 30

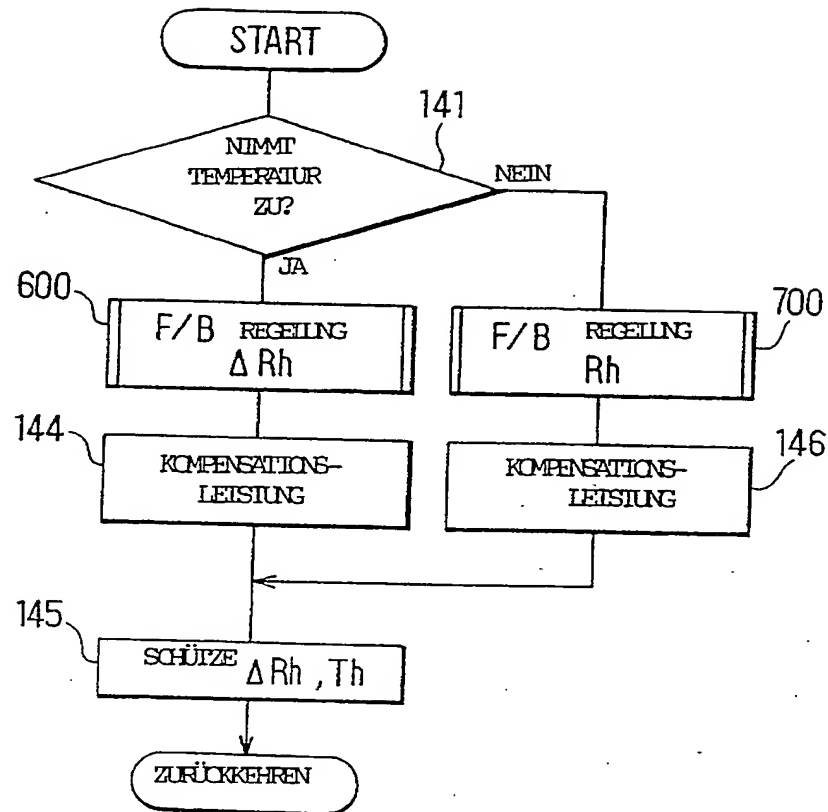


FIG. 31

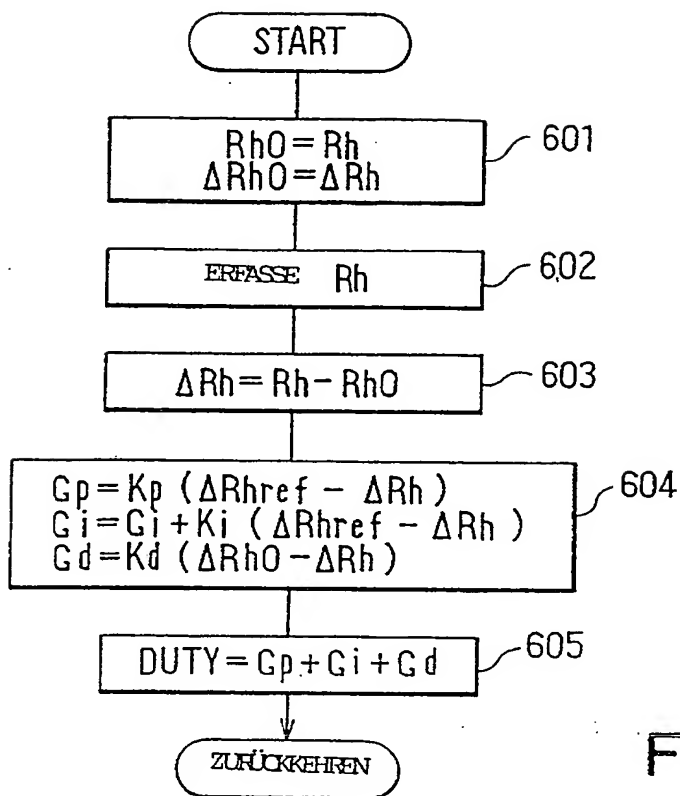


FIG. 32

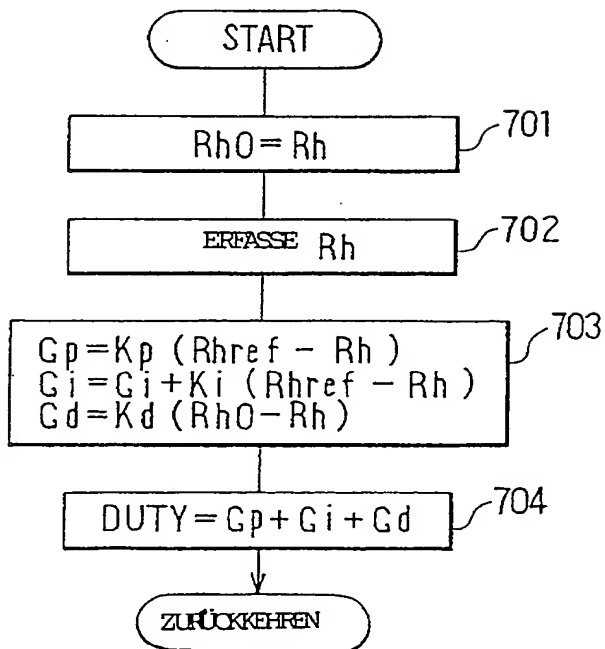


FIG. 33A

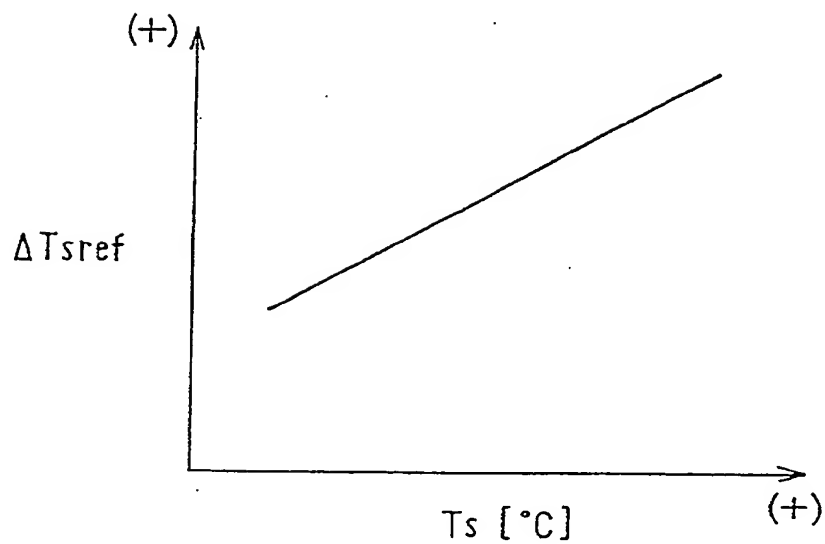


FIG. 33B

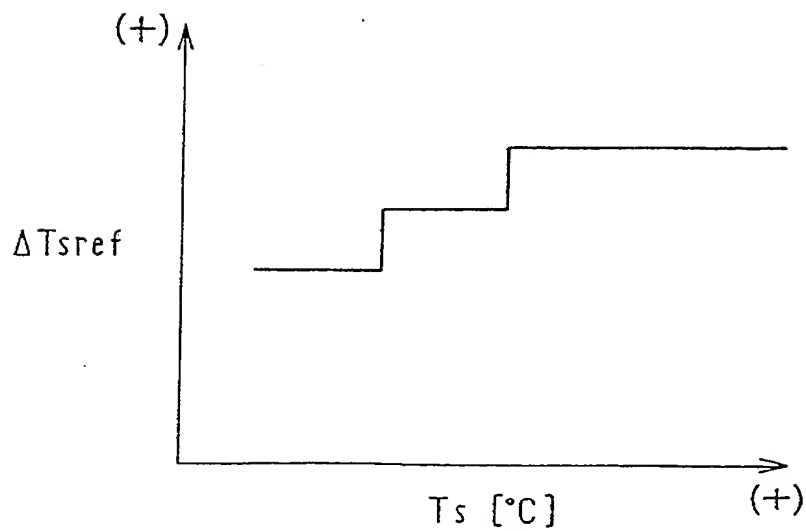


FIG. 34

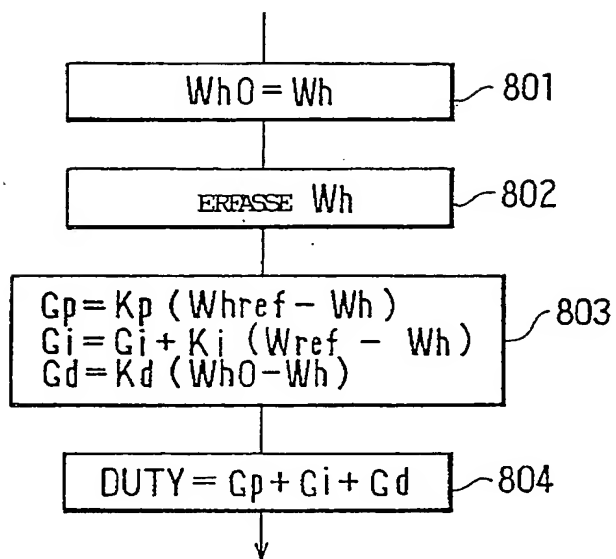


FIG. 35

